

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Recherches sur la Biologie du Monotropa.*

Note de MM. COSTANTIN et DUFOUR.

La découverte, dans la forêt de Fontainebleau, d'une station ⁽¹⁾ de *Monotropa Hypopithys* où cette espèce croissait en très grande abondance et où, à la fin du mois d'août et même en septembre et au début d'octobre, il y avait encore des feuilles et fleurs fraîches, alors que, partout ailleurs dans la forêt, la floraison était terminée et les tiges desséchées et noires ⁽²⁾ nous a amenés à étudier cette plante.

Cette constatation nous intéressait tout particulièrement, parce que, d'après une étude de M. Rayner ⁽³⁾ sur le *Calluna vulgaris*, la fleur de cette plante renferme un Champignon qui a été retrouvé dans un certain nombre d'autres genres d'Éricacées ⁽⁴⁾. Comme le *Monotropa* forme un groupe un peu aberrant de cette même famille, il nous a paru intéressant de l'examiner à ce point de vue.

Nous sommes arrivés à cultiver, en effet, un Champignon tiré de fleurs qui n'avaient aucun caractère d'organes parasités. Nous l'avons obtenu en cultures pures et il nous a paru présenter des caractères très particuliers.

⁽¹⁾ Cette station était formée d'un mélange de Pins sylvestres, de Hêtres, de Charmes et de Chênes.

⁽²⁾ Notamment sous les massifs formés exclusivement de Hêtres.

⁽³⁾ RAYNER (CHEVELEY), *Ann. of Botany*, t. 29, 1915, p. 97.

⁽⁴⁾ *Erica*, *Ledum*, *Rhododendron*, *Leiophyllum*, *Pieris*, *Gaultheria*, *Arctostaphylos*, *Arbutus*, *Andromeda*, *Vaccinium*, *Oxycoccus*, *Pentapterygium*.

Pour nous rapprocher un peu de l'aliment que l'on peut supposer le plus apte à nourrir le Champignon, nous avons fait une décoction de fragments de tige de *Monotropa*. Au moyen de cette décoction, laissée telle quelle ou additionnée de glucose et de peptone, nous fabriquons un milieu solide en y ajoutant 2 pour 100 de gélose. Le Champignon se développe bien sur ce milieu.

Nous avons fait également une décoction du terreau où pousse le *Monotropa* formé de feuilles, de racines, de terre et de feutrage mycélien.

Comme nous faisons des recherches sur le *Goodyera repens* ⁽¹⁾, nous avons quelquefois pris pour milieu de culture une décoction de rosette de cette plante ou la terre dans laquelle elle pousse; les cultures ont réussi sur ce milieu.

On peut aussi employer avec succès la liqueur de de Knöp, additionnée, comme les liquides précédents, de 2 pour 100 de gélose.

Enfin, nous avons fréquemment utilisé la carotte.

Les caractères des cultures nous ont paru très frappants. Deux aspects très singuliers nous paraissent surtout mériter d'être cités.

Quand le Champignon s'enfonce dans le milieu gélose, il se ramifie très vigoureusement en s'ordonnant en filaments qui, par des divisions répétées, rappellent un chevelu de radicelles; nous caractériserons ce mode de végétation par le nom d'aspect *rhiziforme*. Les filaments s'épaississent à leur extrémité qui devient comme bosselée, irrégulière, se ramifiant d'une manière répétée souvent presque à angle droit. De la surface de ces cordons terminaux partent au début de très fins filaments mycéliens rayonnant dans toutes les directions. Quand ces extrémités en massue arrivent au contact de l'air, on voit à la surface comme une série de gonflements en grains de chapelets se touchant souvent; ces glomérules sont produits par des cellules qui bourgeonnent, noircissent et s'enkystent, formant des sortes de chlamydospores noires arrondies (11^u-16^u).

2° Quand les filaments mycéliens atteignent en majorité la surface du substratum gélosé on a un aspect tout autre et encore plus saisissant. Toute la surface devient *noire, comme laquée*. On y voit un revêtement de filaments noirs et aussi des chlamydospores noires semblables à celles citées plus haut.

Nous avons observé des transitions entre les deux aspects. Parfois le milieu gélosé reste translucide à la partie supérieure où l'on observe l'aspect rhiziforme et il devient laqué noir vers le bas.

Sur carotte les vieilles cultures offrent d'ordinaire l'aspect noir uniforme non aussi nettement lisse que dans le cas de milieux gélosés.

Quelquefois sur milieu gélosé, mais plus souvent sur carotte, le mycélium forme un

(1) COSTANTIN et DUFOUR, *Rev. génér. de Bot.*, 1920, p. 529.

gazon court d'abord blanc, puis grisâtre, gris brun et plus tard entièrement noir, ou garde sur une partie ou sur toute sa surface la couleur grise, ne noircissant ainsi que partiellement ou en aucun point.

Ce Champignon a des caractères de végétation et de reproduction si spéciaux (plaque noire laquée, aspect rhiziforme) qu'ils nous conduisent à admettre son autonomie spécifique. Aussi, en attendant que la découverte de ses autres modes de reproduction permette d'en découvrir les affinités, nous proposons le nom provisoire de *Monotropomyces nigrescens*. Il est possible qu'il ait une parenté avec les *Phoma* et *Phyllophoma* mentionnés par M. Rayner et M^{lle} Charlotte Ternetz ⁽¹⁾ chez les Éricacées proprement dites. Jusqu'ici nous n'avons jamais vu apparaître les bouteilles noires qui constituent le caractère des *Phoma*.

MÉDECINE. — *Sur les sensibilisatrices tuberculeuses.*

Note de MM. A. CALMETTE, L. NÈGRE et A. BOQUET.

Le rôle des sensibilisatrices (ou anticorps) dont la réaction dite de fixation du complément, de Bordet-Gengou, permet de constater la présence dans le sérum des sujets infectés de tuberculose, est encore mal déterminé. Les recherches nombreuses dont elles ont été l'objet récemment apportent de nouvelles preuves à ce fait, démontré par l'un de nous dès 1910 ⁽²⁾ que, contrairement à l'hypothèse énoncée par Wassermann et Bruck, ces sensibilisatrices ne possèdent ni *in vitro*, ni *in vivo*, de propriétés neutralisantes vis-à-vis des tuberculines.

Les sérums de malades n'en renferment le plus souvent que de minimes quantités dont le dosage précis est difficile, ce qu'atteste la multiplicité des techniques proposées pour les rendre décelables. Mais on peut les obtenir expérimentalement en injectant à de grands animaux, tels que le bœuf ou le cheval, des doses ménagées de bacilles tuberculeux ou d'extraits aqueux de ces bacilles.

On parvient ainsi aisément à produire des sérums dont 1^{cm³} fixe, en présence d'un antigène tuberculeux convenablement choisi, 125 fois la dose d'alexine (du sérum frais de cobaye) capable d'activer un sérum hémolytique inactivé, c'est-à-dire 125 unités d'alexine ⁽³⁾.

(1) CHARLOTTE TERNETZ, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. 44, p. 353.

(2) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 285; t. 153, 1911, p. 420.

(3) Cf. *Société de Biologie*, 6 janvier 1912.

En nous adressant à la race de bacille, devenue avirulente et non tuberculigène, utilisée par l'un de nous avec C. Guérin pour des essais de vaccination des bovidés contre la tuberculose (bacille d'origine bovine cultivé pendant 210 passages successifs sur pomme de terre + bile de bœuf glycerinée à 5 pour 100), et en injectant de fortes doses de ce bacille, complètement inoffensif, dans les veines de chevaux, nous avons pu obtenir des sérums d'une richesse exceptionnelle en sensibilisatrices. C'est ainsi qu'une saignée nous a fourni un sérum dont 1^{cm³} fixait jusqu'à 9.600 *unités d'alexine*.

Un tel sérum devait nous permettre l'étude, plus précise qu'elle n'a pu être effectuée jusqu'à présent, des fonctions que les sensibilisatrices tuberculeuses sont susceptibles de remplir dans la défense de l'organisme contre l'infection par le bacille de Koch.

Nos expériences ont eu principalement pour objet d'établir si un sérum particulièrement riche en sensibilisatrices est capable, soit de *lyser in vitro* les bacilles, soit d'exercer une action d'arrêt sur l'évolution des lésions tuberculeuses chez les animaux artificiellement infectés avec des bacilles virulents.

Pour nos essais de *bacillolyse in vitro* nous nous sommes servis parallèlement d'un exsudat péritonéal de cobaye sain et de cobaye tuberculisé depuis cinq semaines (exsudat préparé par injection, 8 heures avant le prélèvement, d'une émulsion stérile de mie de pain dans l'eau physiologique).

Nous laissions en contact à l'étuve à 38°, dans des tubes, pendant des temps variables jusqu'à 21 jours, de 1^{cm³} à 4^{cm³} d'exsudat additionné d'une petite quantité d'émulsion très fine de bacilles (titrée à 0^{mg},01 par centimètre cube d'eau physiologique) et de sérum sensibilisateur ou, dans des tubes *témoins*, de sérum de cheval normal.

Les préparations, faites à intervalles réguliers et colorées au Ziehl, ont montré, jusqu'à la fin de l'expérience, les bacilles presque tous phagocytés, mais morphologiquement intacts et ayant conservé toute leur acido-résistance.

Contrairement à ce qu'ont admis Maragliano, Louis Teissier et Fernand Arloing, Rappin et quelques autres auteurs, les sensibilisatrices du sérum de cheval préparé comme il est dit ci-dessus ne déterminent donc aucune dissolution de l'enveloppe des bacilles, soit dans les leucocytes de cobaye sain, soit dans les leucocytes de cobaye tuberculeux.

Pour la recherche de la *bacillolyse in vivo*, nous avons fait les expériences suivantes :

Cobaye sain n° 1 *témoin* reçoit dans le péritoine 0^{mg},01 de culture de tuberculose + 1^{cm³} d'eau physiologique + 10^{cm³} de sérum de cheval normal.

Cobaye sain n° 2, 0^{mg},01 de tub. + 1^{cm³} H²O physiologique + 5^{cm³} de sérum (de cheval) sensibilisateur.

Cobaye sain n° 3, 0^{mg},01 de tub. + 1^{cm³} H²O physiologique + 10^{cm³} de sérum sensibilisateur.

Cinq semaines après, les cobayes 2 et 3 étant morts avec des lésions très étendues de péritonite tuberculeuse, on sacrifie le cobaye 1 qui est trouvé porteur de nombreux nodules tuberculeux sur l'épiploon et dans les ganglions sous-lombaires.

Le sérum sensibilisateur, loin d'avoir protégé les cobayes, paraît avoir aggravé et hâté l'évolution de la maladie. On peut donc penser qu'il contient, ou qu'il libère de l'intérieur des bacilles, *sans modifier l'aspect morphologique de ces derniers*, certaines substances favorisant l'infection.

Dans d'autres expériences nous avons injecté le sérum sensibilisateur à la dose de 1^{cm³},5, chaque jour pendant deux semaines, sous la peau de cobayes préalablement infectés par instillation oculaire. Le traitement était commencé 14 jours après l'infection.

Non seulement les résultats ont été nuls, mais les animaux traités, morts dans les mêmes délais que les témoins, présentaient des lésions plus étendues.

Enfin nous avons constaté qu'en injectant dans les veines du lapin, ou dans le péritoine de cobayes tuberculeux, des mélanges de 0^g,01 de tuberculine brute de Koch avec 5^{cm³} de sérum sensibilisateur (le mélange restant en contact pendant plusieurs heures à l'étuve), ni la réaction thermique spécifique, ni les accidents d'intoxication, suivis de mort, ne sont modifiés.

Nous devons donc conclure que les sensibilisatrices antituberculeuses du sérum de cheval préparé, même employées à doses considérables (jusqu'à près de 100000 *unités*), n'ont aucun pouvoir bactéricide et sont incapables de provoquer la lyse, soit *in vitro*, soit *in vivo*, du bacille tuberculeux; qu'elles ne neutralisent pas la tuberculine et qu'elles n'exercent aucune action favorable sur la marche de l'infection tuberculeuse.

Il apparaît évident que ces sensibilisatrices dont, par la réaction de Bordet-Gengou, on déce la présence dans le sérum des malades, ne doivent être envisagées que comme des *témoins de l'infection*.

Il semble, par conséquent, vain de placer le moindre espoir dans l'utilisation thérapeutique des sensibilisatrices (ou anti-corps) contenues dans les sérums dits *antituberculeux*.

M. E. BOUTY fait hommage à l'Académie d'une *Notice nécrologique* qu'il vient d'écrire sur *Gabriel Lippmann*.

M. GASTON BONNIER fait hommage à l'Académie du tome I d'un ouvrage de feu **J. LAURENT**, intitulé : *La végétation de la Champagne crayeuse*, pour lequel il a écrit un *Avant-propos*.

M. A. BRACHET, par l'organe de M. Henneguy, fait hommage à l'Académie de son *Traité d'Embryologie des Vertébrés*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de *M. G. Lippmann*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Marcel Brillouin obtient	46 suffrages
M. Charles Fabry »	9 »
M. Jean Perrin »	2 »
M. Paul Langevin »	1 suffrage

M. MARCEL BRILLOUIN, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par la majorité des suffrages exprimés, **M. DANIEL BERTHELOT** est élu Membre de la *Commission interuniversitaire de coordination des Services de Physique du Globe de Paris et de Strasbourg*.

CORRESPONDANCE.

M. A. BALDIT adresse un Rapport relatif sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1912.

MM. B. Berloty, au nom de l'OBSERVATOIRE DE KSARA, et A. GUILLET adressent des remerciements pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

- 1° *The TALCOTT method of determining latitude.*
- 2° *On some antiquities in the neighbourhood of Dunecht House Aberdeenshire*, by the Right Rever. Bishop G. F. BROWNE.
- 3° Observatoires JARRY-DESLOGES, temporairement à Sétif et à Laghouat. *Observations des surfaces planétaires (Mars — Saturne — La Lune — Vénus — Mercure — Jupiter — Uranus — Neptune)*, fascicule IV (1913 et 1914). (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. E. HÉROUARD prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. Edmond Perrier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des fonctions croissantes.*
Note de M. THÉODORE VAROPOULOS.

1. Soit une fonction $\mu(x)$ croissante (continue) et tendant vers l'infini avec x , assujettie seulement à la condition de croître plus vite que toute puissance finie de x , pour toute valeur assez grande de x , sauf, peut-être, quelques intervalles exceptionnels. Nous voyons bien qu'il s'agit d'une classe de fonctions très générale.

Pour ces fonctions nous allons établir, dans cette courte Note, le théorème suivant :

Étant donné un nombre θ positif et supérieur à l'unité (quelconque), s'il existe des valeurs de x ne satisfaisant pas à l'inégalité suivante

$$\mu[x + e^{\mu(x)}] > \mu(x)^\theta,$$

ces valeurs exceptionnelles remplissent des intervalles d'étendue totale finie.

Le théorème que nous venons d'énoncer n'est pas valable pour les fonctions qui croissent comme

$$\log_v x \quad (v = 1, 2, 3, \dots),$$

mais, pour ces fonctions, nous avons déjà obtenu ⁽¹⁾ des quantités dont l'addition à x altère l'ordre de croissance de la fonction croissante $\mu(x)$.

2. Soit une fonction $\mu(x)$ croissante et continue quelconque. Nous avons la proposition suivante valable pour toute la croissance :

THÉORÈME. — Une fonction croissante quelconque vérifie l'inégalité

$$\mu\left[x + \frac{1}{\mu(x)}\right] < (1 + \varepsilon) \mu(x)$$

($\varepsilon > 0$ quelconque) partout sauf, peut-être, dans des intervalles exceptionnels d'étendue totale finie.

La longueur totale d'une suite d'intervalles exceptionnels situés à droite d'une valeur $x = x_0$ ne dépasse pas la quantité $\left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right) \frac{1}{\mu(x_0)}$.

Enfin, signalons que si nous posons

$$\mu(x) = \log f(x),$$

nous tombons dans l'inégalité

$$f\left[x + \frac{1}{\log f(x)}\right] < f(x)^{1+\varepsilon},$$

exprimant la proposition fondamentale de M. Borel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Sur les fonctions entières ou méromorphes.
Note de M. GASTON JULIA.

I. Soit $f(z)$ une fonction entière; k étant un entier positif > 1 , on forme la famille des

$$(1) \quad f_n(z) = f(z^{k^n})$$

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 693.

obtenue en remplaçant z par les itérées successives de $z_1 = z^k$. Par la méthode que j'ai exposée dans un Mémoire précédent ⁽¹⁾, on démontre aisément que, C étant un cercle quelconque de centre O , de rayon $r > 1$ et C_1 le cercle de rayon r^k , il existe dans la couronne (C, C_1) au moins un point z_0 autour duquel la famille des f_n n'est pas normale. Dans l'ensemble des aires $\mathcal{O}_n = (\mathcal{O}_0)^{k^n}$, $n = 1, 2, \dots, \infty$, décrites par z^{k^n} quand z décrit un cercle \mathcal{O}_0 arbitrairement petit de centre z_0 , $f(z)$ prend toute valeur finie, sauf peut-être une seule. La même propriété appartient à tous les points du cercle $|z| = |z_0|$ passant par z_0 . L'ensemble \mathcal{C} des points où la famille des f_n n'est pas normale est formé d'un ensemble (infini) de cercles de centre O , invariant par les substitutions $(z|z^k)$ et $(z|z^{\frac{1}{k}})$. Le cercle $|z| = 1$, lieu des points où les itérées de z^k ne forment pas une famille normale, appartient à \mathcal{C} .

La propriété des points de \mathcal{C} n'est pas intéressante pour les arguments des racines de $f(z) - a = 0$ [a valeur ordinaire quelconque], car l'aire $(\mathcal{O}_0)^{k^n}$, \mathcal{O}_0 étant donné, contient toujours, pour $n > n_0$, une couronne circulaire de centre O . Elle n'est intéressante que pour les *modules* de ces racines, et au lieu de considérer un petit cercle \mathcal{O}_0 entourant z_0 , il revient au même de considérer une couronne dont les cercles ont pour rayons $r_0(1 - \varepsilon)$, $r_0(1 + \varepsilon)$, r_0 étant le module de z_0 , ε arbitrairement petit. D'une façon générale, toute couronne Γ encadrant un des cercles dont est composé l'ensemble \mathcal{C} donnera naissance, par itération, à un ensemble de couronnes qu'on désigne en abrégé par Γ^{k^n} , et dans lesquelles $f(z)$ prend toute valeur (sauf peut-être une) une infinité de fois.

Les considérations précédentes valent encore pour toute fonction méromorphe ayant au moins une valeur asymptotique.

II. Il faut remarquer que dans un grand nombre de cas, \mathcal{C} se compose de tout le plan z ou du moins de la partie extérieure au cercle $|z| = 1$.

C'est le cas pour $f(z) = e^z$ et, d'une façon générale pour toutes les fonctions entières ayant une valeur asymptotique finie, classe de fonctions qui contient celles ayant une valeur exceptionnelle finie. La même propriété est vraie de toute fonction méromorphe ayant deux valeurs asymptotiques distinctes. Et elle tient à ce que, dans toute couronne, comprise entre deux cercles consécutifs de \mathcal{C} , où la famille des $f(z^{k^n})$ est normale, cette famille a pour unique fonction limite, pour $n = \infty$, la constante infinie, dans le cas

(1) *Ann. Ec. Norm. sup.*, 1920, et *Comptes rendus*, t. 168, 1919.

où $f(z)$ est entière, et ceci est contredit par l'existence de la valeur asymptotique finie.

III. Au lieu de considérer les itérées de $z_1 = z^k$, prenons les itérées d'un polynome quelconque $z_1 = P(z)$ et considérons le domaine \mathcal{O}_∞ que l'on appelle *domaine de convergence immédiat* vers l'infini, pour l'itération de $P(z)$ [on pourrait remplacer $P(z)$ par une fonction rationnelle, $R(z)$ admettant l' ∞ pour pôle multiple, et telle que, dans le domaine \mathcal{O}_∞ , $R(z)$ n'ait pas d'autre pôle que l' ∞]. \mathcal{O} est borné par un ensemble parfait E' , tout entier à distance finie; en aucun point de E' la famille des itérées $P^{(n)}(z)$ n'est normale. Dans l'exemple du I, E' c'est le cercle $|z| = 1$. Formons la famille des $f_n(z) = f[P^{(n)}(z)]$ et étudions-la dans le domaine \mathcal{O}_∞ qui contient le point essentiel de la fonction entière $f(z)$. Les circonstances sont analogues à celles du I. Un théorème de Böttcher prouve en effet l'existence d'une fonction $\Phi(z)$, holomorphe à l'infini, et telle que

$$\Phi[P(z)] = [\Phi(z)]^k \quad [k \text{ degré de } P(z)].$$

Posant $Z = \Phi(z)$ le voisinage du point $z = \infty$ sera représenté conformément sur celui du point $Z = \infty$, et aux cercles $|Z| = \text{const.}$ correspondront des courbes analytiques Γ fermées s'enveloppant mutuellement à l'infini. A l'espace compris entre deux cercles $|Z| = r$ et $|Z| = r^k$ correspond la couronne limitée par les courbes $\Gamma| \Phi(z) | = r$ et $\Gamma_1 | \Phi(z) | = r^k$.

Si la couronne (Γ, Γ_1) est soumise à l'itération indéfinie de $z_1 = P(z)$, on arrive à recouvrir tout l'extérieur de Γ .

Ceci étant, il y a dans (Γ, Γ_1) au moins un point z_0 où la famille des $f_n = f[P^{(n)}(z)]$ n'est pas normale. On en conclut, comme au I, qu'en aucun point de la courbe $| \Phi(z) | = | z_0 |$ ladite famille n'est normale. Les courbes $| \Phi(z) | = \text{const.}$ remplacent ici les cercles $| z | = \text{const.}$ du I. L'ensemble \mathcal{E}_p des points où la famille précédente n'est normale, comprend, au voisinage du point à l'infini, une famille de courbes fermées analytiques $| \Phi(z) | = \text{const.}$ s'enveloppant mutuellement jusqu'à l'infini, et toutes celles qui s'en déduisent en prenant toutes les antécédentes de ces courbes à l'aide des fonctions inverses des itérées $P^{(n)}(z)$, ces fonctions inverses pouvant s'appeler $P^{(-n)}(z)$. L'ensemble des courbes ainsi obtenues a pour limite l'ensemble E' signalé précédemment. L'ensemble \mathcal{E}_p est fermé et il contient E' . $P(z)$ étant fixé, il arrivera que, pour un grand nombre de fonctions entières, \mathcal{E}_p recouvre tout le domaine \mathcal{O}_∞ . Ceci arrivera certainement dans les cas énumérés au II [valeur asymptotique finie et fonctions méromorphes ayant au moins deux valeurs asymptotiques distinctes]. On voit

ainsi que *les résultats essentiels établis au I et II pour* $P(z) = z^k$ *sont vrais pour un polynôme quelconque*, les courbes $|\Phi(z)| = \text{const.}$ remplaçant les cercles $|z| = \text{const.}$

Le cas linéaire $P(z) = sz$, $|s| > 1$, est tout à fait à part. C'est celui que j'ai traité dans mes publications citées plus haut.

Ici E' se réduit à *un point* qui est $z = 0$ et chaque point z_0 de l'ensemble \mathcal{C}_s se détermine *individuellement*, sans entraîner avec lui dans l'ensemble \mathcal{C} tous les points d'une courbe $[|\Phi(z)| = \text{const.}]$ passant par ce point. C'est pour cela que, dans le cas linéaire, \mathcal{C} a pu être discontinu pour certaines fonctions entières.

La considération de l'ensemble \mathcal{C}_p relatif à un polynôme $P(z)$, pour les fonctions ayant un point singulier essentiel isolé à l'infini, m'a été utile à plusieurs reprises et j'en donnerai des applications.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la résistance des fluides visqueux.*

Note ⁽¹⁾ de M. RIABOUCHINSKI, présentée par M. G. Kœnigs.

On met actuellement à la base de l'étude de la résistance des fluides réels le théorème d'Euler. Ce théorème se rapporte au mouvement permanent d'un fluide parfait. Nous nous proposons d'appliquer dans la présente Note le théorème des projections et des moments des quantités de mouvement au cas plus général des mouvements non permanents d'un fluide visqueux incompressible. En raison des équations générales du mouvement des milieux continus et en rapportant le mouvement du fluide à un système d'axes mobiles $Ox, y, z(u_0, v_0, w_0, p, q, r)$, on peut écrire

$$\int \int_{S_1} p_{nx} d\sigma + \int \int_{S_2} p_{nx} d\sigma = \rho \int \int \int_V \left(\frac{\partial u}{\partial x} u' + \frac{\partial u}{\partial y} v' + \frac{\partial u}{\partial z} w' + q w - r v + \frac{\partial u}{\partial t} \right) d\tau;$$

u, v, w sont les projections sur les axes mobiles de la vitesse absolue W ; u', v', w' celles de la vitesse relative W' et $(p_{nx} d\sigma)$ la projection sur l'axe Ox de l'effort élémentaire agissant sur la face négative de l'élément $d\sigma$,

$$p_{nx} = -pl + \mu \frac{\partial u}{\partial n} + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} l + \frac{\partial v}{\partial x} m + \frac{\partial w}{\partial x} n \right).$$

Les intégrales doubles s'étendent à tous les éléments des surfaces fermées S_1 et S_2 , et l'intégrale triple au volume V limité intérieurement par la surface S_1 et extérieurement par la surface S_2 . En supposant que le trièdre

⁽¹⁾ Séance du 14 novembre 1921.

mobile est invariablement lié à un corps solide dont la surface S_1 est la paroi, en désignant par P la projection sur l'axe Ox de la résultante des efforts agissant sur la paroi du solide, en remarquant que la vitesse normale relative W'_n est nulle sur S_1 , on obtient, en raison du théorème de Green,

$$(1) \quad \mathcal{Q} = \int \int_{S_2} (-p_{nx} + \rho u W'_n) d\sigma + \rho \int \int \int_V (qu - rv) d\tau + \rho \int \int \int_V \frac{\partial u}{\partial t} d\tau.$$

Admettons que la surface S_2 est une surface idéale invariablement liée aux axes mobiles; W'_n exprime alors la composante normale de la vitesse relative du fluide qui s'écoule à travers cette surface. On obtient deux expressions analogues pour les composantes \mathcal{Q} et \mathcal{R} . On obtient de même, comme expression du moment par rapport à l'axe Ox ,

$$(2) \quad \begin{aligned} \mathcal{L} = & \int \int_{S_2} [y(-p_{nz} + \rho w W'_n) - z(-p_{ny} + \rho v W'_n)] d\sigma \\ & + \rho \int \int \int_V [(wv_0 - v w_0) + r(wx - uz) + q(vx - uy)] d\tau \\ & + \rho \int \int \int_V \left(y \frac{\partial w}{\partial t} - z \frac{\partial v}{\partial t} \right) d\tau, \end{aligned}$$

et deux expressions analogues pour les deux autres composantes \mathcal{M} et \mathcal{N} du couple.

Si le solide est animé d'un mouvement hélicoïdal uniforme suivant l'axe Ox et est symétrique par rapport à cet axe, si, en plus, le mouvement du fluide est permanent, dans le volume V , par rapport aux axes liés au solide, on a

$$\begin{aligned} \mathcal{Q} &= \int \int_{S_2} (-p_{nx} + \rho u W'_n) d\sigma, & \mathcal{Q} &= 0, & \mathcal{R} &= 0, \\ \mathcal{L} &= \int \int_{S_2} [y(-p_{nz} + \rho w W'_n) - z(-p_{ny} + \rho v W'_n)] d\sigma, & \mathcal{M} &= 0, & \mathcal{N} &= 0. \end{aligned}$$

En multipliant les six équations de la forme (1) et (2) et respectivement par u_0, v_0, w_0, p, q, r et en les ajoutant, on obtient comme expression de la puissance

$$(3) \quad \begin{aligned} \mathcal{E} &= \mathcal{Q}u_0 + \mathcal{Q}v_0 + \mathcal{R}w_0 + \mathcal{L}p + \mathcal{M}q + \mathcal{N}r \\ &= \int \int_{S_2} [\bar{u}(-p_{nx} + \rho u W'_n) + \bar{v}(-p_{ny} + \rho v W'_n) + \bar{w}(-p_{nz} + \rho w W'_n)] d\sigma \\ &\quad + \rho \int \int \int_V \left(\bar{u} \frac{\partial u}{\partial t} + \bar{v} \frac{\partial v}{\partial t} + \bar{w} \frac{\partial w}{\partial t} \right) d\tau, \end{aligned}$$

$\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ sont les composantes de la vitesse d'entraînement \bar{W} .

Si le mouvement du fluide est permanent, dans le volume V , par rapport aux axes liés au solide, l'intégrale triple de l'équation (3) s'annule.

Dans les fluides réels à très petit frottement, on admet généralement qu'il se forme près des parois du solide une mince couche avec une variation rapide de la vitesse selon la normale à la paroi et qu'en dehors de cette couche le mouvement du fluide n'est pas affecté par la viscosité. Appliquons à un pareil mouvement, considéré comme permanent par rapport aux axes mobiles dans le volume V , le théorème de Bernoulli dans le mouvement relatif

$$p + \frac{1}{2}\rho W^2 - \frac{1}{2}\rho \overline{W}^2 + K = 0.$$

La grandeur K est constante le long de tous les filets qui ne traversent pas la couche mince susdite. Le long des filets qui traversent cette couche, la grandeur K est constante en dehors de la couche, mais elle possède des valeurs différentes avant et après le passage de la couche. En supposant que la surface S_2 est tracée en dehors de la couche mince où l'on ne peut négliger l'effet des frottements, on aura sur cette surface

$$p_{nx} = -pl, \quad p_{ny} = -pm, \quad p_{nz} = -pn, \\ \rho(u\bar{u} + v\bar{v} + w\bar{w}) = \frac{1}{2}\rho W^2 + p + K.$$

En substituant ces valeurs dans l'équation (3), on a

$$\mathcal{E} = \int \int_{S_2} \left[\left(\frac{1}{2}\rho W^2 + p + K \right) W'_n + \rho \overline{W}_n \right] d\sigma.$$

Les formules que nous avons obtenues dans cette Note trouvent de nombreuses applications dans le domaine de la résistance des fluides réels.

ASTRONOMIE. — *Nouveaux éléments de variation lumineuse de l'étoile variable à éclipses VV Orionis*. Note de MM. H. GROUILLER et J. ELLSWORTH, présentée par M. B. Baillaud.

Au cours d'une étude d'ensemble des étoiles variables à éclipses, que nous effectuons à l'Observatoire de Lyon, nous avons constaté que beaucoup des difficultés rencontrées dans l'explication des circonstances diverses qui accompagnent la variation lumineuse de ces astres, ne peuvent être levées par suite de l'imprécision des éléments et des courbes de lumière relatifs à un certain nombre de ces étoiles.

Nous avons, en conséquence, poursuivant et développant l'œuvre de M. Luizet, organisé un service d'observation systématique de ces étoiles variables. Nous nous sommes, dans ce but, assuré le concours de quelques-uns des membres de l'Association d'observateurs d'étoiles variables, qui vient d'être créée en France par M. J. Mascart, et dont le siège est à l'Observatoire de Lyon.

Nous nous sommes proposé, en particulier, de discuter 300 observations de l'étoile à éclipses VV *Orionis*, effectuées du 3 novembre 1916 au 11 mars 1921, par M. J. Ellsworth, et publiées dans le *Bulletin de l'Observatoire de Lyon* ⁽¹⁾.

Après avoir effectué sur les dates de ces observations la correction héliocentrique, nous avons déterminé directement 11 époques approchées de minima d'éclat, et nous les avons comparées à celles que donnent les éléments de Hertzsprung ⁽²⁾ utilisés jusqu'à ce jour :

$$\text{Min. héliocentr.} = 2418\ 835,27 + 11,4854\ E.$$

Les différences entre les époques observées et calculées furent trouvées très considérables : de l'ordre de grandeur de la période elle-même. De plus, elles affectent une allure systématique qui montre très nettement que la période de Hertzsprung est trop courte.

Nous avons alors utilisé les observations effectuées au voisinage des minima pour construire une courbe provisoire de lumière : ayant rapporté ces observations dans chaque série aux minima correspondants, nous les avons groupées autour d'une origine commune. La courbe obtenue nous a permis de calculer des valeurs plus précises des dates des minima déjà utilisés et de déterminer 10 nouvelles époques de minima.

En raison de l'importance et de l'irrégularité des résidus que donnaient les éléments de Hertzsprung, une grande incertitude régnait sur le nombre des périodes écoulées entre certains des minima, séparés par des intervalles de temps de l'ordre d'une année. Avant de traiter par la méthode des moindres carrés les 21 minima dont nous disposions, il était nécessaire d'apporter une première rectification à la période, de façon à connaître exactement l'ordre par rapport à une origine donnée de chacun des minima observés. Nous avons calculé cette correction en prenant la moyenne des

⁽¹⁾ 3^e année, août et septembre 1921, nos 8 et 9.

⁽²⁾ *Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft*, 55. Jahrgang, Drittes und Viertes Heft, 1920.

corrections particulières, résultant de chacun des intervalles de deux minima pour lesquels il n'y avait pas ambiguïté quant au nombre des périodes comprises à leur intérieur. Nous avons été ainsi conduit à ajouter à la période de Hertzprung la quantité

$$\Delta P = + 0,009.$$

Connaissant d'une manière exacte le nombre des périodes comprises entre les divers minima, nous avons divisé l'intervalle de temps

$$2422748,230 - 2421272,377 = 1475,853$$

qui sépare nos déterminations extrêmes de minima par le nombre de périodes correspondant, soit 988. Nous avons obtenu ainsi une valeur très approchée de la période

$$P_1 = 1,49378$$

qui réalise, sur celle de Hertzprung, une correction importante de $+ 0,00838$, d'ailleurs très voisine de la correction $\Delta P = 0,009$ que nous avons calculée ci-dessus, en première approximation, par une méthode différente.

Nous avons alors introduit cette nouvelle période P_1 dans les éléments de Hertzprung, et comparant nos observations aux époques calculées à l'aide de ces nouveaux éléments nous avons déterminé, par la méthode des moindres carrés, les corrections à apporter à l'époque origine O choisie par Hertzprung, et à la période P_1 , pour que la représentation des observations soit la plus satisfaisante possible. Nous avons trouvé ainsi

$$\Delta O = + 0,00091 \quad \text{et} \quad \Delta P_1 = + 0,00044.$$

Nous avons, en conséquence, adopté comme valeur finale des éléments

$$\text{Min. héliocentr.} = 2419835,27091 + 1,493824 E.$$

La correction ΔO de l'origine est très faible, par contre la correction de la période de Hertzprung atteint en définitive la valeur considérable de $0,008424$.

L'erreur moyenne, correspondant aux nouveaux éléments, d'une détermination d'un minimum, a pour valeur $\varepsilon = \pm 0,0767$. Elle paraît très considérable à première vue, mais l'examen des résidus que nous avons obtenus nous a montré que les divergences encore relativement importantes, qui existent entre l'observation et le calcul, ne sont pas dues aux seules erreurs accidentelles : l'allure de ces résidus indique, en effet, que

ces différences ont une origine principalement systématique; elles sont dues, très probablement au fait que la période de VV *Orionis*, comme celle d'un certain nombre d'étoiles à éclipses du type Algol n'est pas rigoureusement constante, mais oscille autour d'une valeur moyenne qui est celle que nous avons calculée ci-dessus. Nous ne possédons toutefois pas encore assez d'observations pour déterminer la nature de cette variabilité.

Nous donnerons communication de nos résultats de calcul dans un autre Recueil.

PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle des liquides électrisés.* Note de M. **FÉLIX MICHAUD**, présentée par M. E. Bouty.

1. La tension superficielle d'un liquide, en contact avec un gaz non conducteur, change-t-elle sous l'influence d'une électrisation de surface? La question a été étudiée expérimentalement par Herwig ⁽¹⁾, C. M. Smith ⁽²⁾, Nichols et Clark ⁽³⁾, et Samuel J. Barnett ⁽⁴⁾, qui concluent à un affaiblissement de la tension superficielle ⁽⁵⁾. Cet affaiblissement peut atteindre, d'après Nichols et Clark, 25 pour 100 de la valeur normale. Mais l'interprétation que ces divers physiciens ont donnée, de leurs mesures, est incorrecte. Ils ont attribué à une variation de la constante capillaire un effet dû simplement à une répulsion électrostatique. Barnett s'en est douté d'ailleurs; puisqu'il remarque que la répulsion entre les ondulations voisines (il opérait par la méthode des ondes capillaires) pourrait parfaitement expliquer le résultat de ces mesures ⁽⁶⁾.

2. On peut démontrer, en s'appuyant sur les principes de l'énergétique, qu'un liquide conducteur, électrisé par influence, a même tension superficielle qu'à l'état neutre.

Imaginons un condensateur plan, horizontal, dont l'armature inférieure serait constituée par la surface d'un liquide conducteur. Supposons qu'on puisse, sans changer l'épaisseur du condensateur, substituer reversiblement à la surface du liquide celle d'une lame solide, plane et conductrice. Le pla-

(1) HERWIG, *Pog. Ann.*, t. 1, 1876, p. 59, 489; *Wied. Ann.*, t. 1, 1877, p. 73.

(2) SMITH, *Proc. R. S. E.*, t. 17, 1890, p. 115.

(3) NICHOLS et CLARK, *Phys. Rev.*, t. 4, 1897, p. 375.

(4) BARNETT, *Phys. Rev.*, t. 6, 1898, p. 357.

(5) C'est également l'opinion de Lord RAYLEIGH, *Sc. Papers*, vol. 1 à 4.

(6) Voir aussi MERRIT et BARNETT, *Phys. Rev.*, t. 10, 1900, p. 65.

teau pourrait, par exemple, ne recouvrir qu'une partie de la surface liquide, et la lame constituerait un radeau qui s'engagerait plus ou moins à l'intérieur du condensateur.

L'étude énergétique du système conduit alors à l'équation (1).

$$\left(\frac{dA}{dV}\right)_{T,P} = - \left(\frac{\Delta q}{\Delta s}\right)_{T,P,V}$$

Si donc la tension superficielle A changeait avec la différence de potentiel V entre les armatures, la substitution du solide au liquide, opérée à température, pression et potentiel constants, mettrait en jeu une certaine quantité d'électricité par unité de surface $\frac{\Delta q}{\Delta s}$ qui ne serait pas nulle : la capacité d'un condensateur dépendrait de la *nature* des surfaces conductrices qui constituent ses armatures. Or, on sait qu'il n'en est pas ainsi. La tension superficielle est donc indépendante de l'état d'électrisation de la surface.

3. Pour vérifier expérimentalement la conclusion précédente, il fallait trouver une méthode qui éliminât les effets de répulsion électrostatique. J'y suis arrivé au moyen du dispositif suivant :

Une lame très mince d'aluminium est suspendue verticalement au fléau d'une balance, à la place d'un des plateaux. Cette lame plonge partiellement dans le liquide, et tend à s'immerger sous l'action de la tension superficielle. Un disque métallique est placé horizontalement au-dessus du liquide, à une distance d'environ 1 cm. On a pratiqué dans ce disque une fente d'une largeur de 2 cm, au milieu de laquelle passe la lame. La balance, et par suite la lame et le liquide, sont reliés à l'un des pôles d'une machine électrostatique, l'autre pôle est relié au disque.

On voit aisément que, dans ces conditions, et pourvu que la lame soit suffisamment mince et suffisamment haute, la capacité du condensateur ainsi formé ne change pas sensiblement lorsque la balance s'infléchit dans un sens ou dans l'autre. Les actions électrostatiques sont donc pratiquement éliminées.

L'expérience se ramène alors à constater que l'équilibre, réalisé lorsque le système est à l'état neutre, n'est pas troublé lorsqu'on l'électrise. J'ai opéré avec de l'eau distillée, de l'eau ordinaire, des solutions aqueuses de carbonate de soude, d'acide chlorhydrique, d'alcool et de saponine, et en utilisant des potentiels atteignant 10000 volts. Une variation de la tension superficielle égale au $\frac{1}{300}$ environ de sa valeur aurait été sensible.

4. Le résultat précédent est intéressant non seulement parce qu'il donne enfin une solution définitive, et remarquablement simple, à une question

(1) Cf. F. MICHAUD, *Énergétique générale* (Paris, Gauthier-Villars).

qui restait en suspens depuis plus d'un demi-siècle, mais surtout, à mon sens, parce qu'on peut en déduire une objection, que je crois assez grave, à la théorie des ions.

On sait, en effet, combien est sensible la tension superficielle d'un liquide aux impuretés qui sont attirées sur la surface (loi de Gibbs); si donc les charges électriques étaient liées à des particules matérielles, ces particules seraient appelées par l'induction électrostatique dans la région spécialement intéressée par les phénomènes capillaires, et l'on voit mal quelle action il est possible d'invoquer pour expliquer que leur effet sur la tension superficielle soit toujours et exactement compensée.

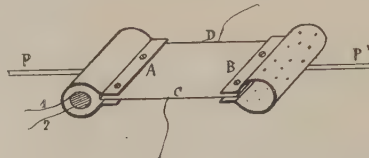
PHYSIQUE. — *L'analogie thermique de l'effet galvanomagnétique axial.*

Note de M. A. SELLERIO, présentée par M. E. Bouty.

Dans un travail récent ⁽¹⁾, j'ai exprimé l'opinion que comme il y a un phénomène galvanomagnétique axial, c'est-à-dire parallèle aux lignes de force du champ magnétique ⁽²⁾, il y en ait de même un autre semblable thermomagnétique.

Cette prévision qui était facile, par l'analogie entre les phénomènes galvaniques et thermiques soit en dehors, soit à l'intérieur du champ magnétique, a été confirmée par les expériences que je vais rapporter. Cependant au cours du travail, je me suis aperçu qu'à côté des analogies il existe aussi des anomalies intéressantes, dont il sera question dans une Note prochaine.

Esquisse du phénomène. — Une plaque rectangulaire de bismuth est traversée par un flux de chaleur suivant sa longueur AB. Dans les centres C,



D des côtés longs, on soude deux fils reliés à un galvanomètre et, une fois le régime établi, on note la déviation éventuelle du galvanomètre par suite d'une petite inégalité des températures en C, D. En créant maintenant autour de la plaque un champ magnétique parallèle à CD, c'est-à-dire parallèle aussi à la plaque et normal au flux de chaleur, le galvanomètre m'a

⁽¹⁾ *Nuovo Cim.*, t. 22, 1921, p. 119.

⁽²⁾ M. LA ROSA et A. SELLERIO, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1447.

accusé une nouvelle déviation. On a donc un effet axial, qui est mesuré par la différence des deux lectures.

Effet total. — Si la plaque était normale au champ, nous aurions obtenu, comme on le sait, un effet — celui d'Ettingshausen et Nernst — qui sera appelé *transversal*.

Faisons tourner la plaque autour de l'axe AB normale au champ, de manière qu'elle forme un angle φ avec celui-ci. La déviation galvanométrique doit changer de valeur, car elle est une fonction de φ , qui sera représenté par une sinusoïde et s'annule dans un certain point d'inversion φ_0 . S'il y a en outre une perturbation, c'est-à-dire un effet qui ne change pas de signe par le renversement du champ, φ_0 doit se dédoubler en φ_1 et φ_2 et l'effet thermomagnétique total sera représenté par les sinusoides un peu déformées (1).

Le dispositif dont je me suis servi est tout à fait semblable à ceux dont j'avait fait usage pour l'effet galvanomagnétique.

C'est pourquoi j'en omets, faute d'espace, la description complète, en donnant seulement quelques renseignements sur la disposition pour le flux de chaleur. Dans les expériences sur l'effet Ettingshausen et Nernst, on serre, pour produire ce flux, l'un des côtés courts de la plaque dans un tuyau de cuivre à circulation d'eau bouillante ou de vapeur. Comme cela n'était pas convenable pour mes expériences, j'ai eu recours à l'échauffement électrique, qui m'a donné de très bons résultats. Les bords A, B de la plaque de Bi sont serrés par des vis à deux petits tuyaux de cuivre de 22^{mm} de longueur et 10^{mm} de diamètre. A l'intérieur de celui qui est à gauche, on a construit une espèce de réchauffeur en y plaçant, isolée du tuyau par une feuille de mica, une hélice de fil enroulée sur amiante, de manière antiinductive. Par les fils flexibles 1, 2, on envoie le courant de chauffage.

Le petit tuyau du côté B est vide et troué pour disperser mieux la chaleur. La plaque très délicate de Bi est protégée par deux feuilles de mica, dans les deux buts d'éviter la dispersion latérale de la chaleur et de renforcer mécaniquement l'appareil. Quelque peu de ouate et des écrans de carton sur l'électro-aimant Weiss forment une protection suffisante contre les courants d'air. Enfin, les deux gros fils P, P' de cuivre servent comme axe autour duquel on peut tourner la plaque, et permettent aussi d'y envoyer un courant électrique dit *primaire* pour l'étude des effets galvanomagnétiques.

Quelques données :

Dimensions de la plaque en millimètres.....	$24 \times 17 \times 0,37$
Distance des pièces polaires.....	de 3 ^{cm} à 4 ^{cm}
Échelle du galvanomètre.....	1 ^{mm} $\equiv 25.10^{-9}$ volt

(1) Je me borne à ces indications, car cela est tout à fait analogue à ce que j'ai montré pour l'effet galvanomagnétique (*Nuovo Cim.*, t. 20, 1920, p. 51).

Échauffant avec 1 ampère, le tuyau A se porte à près de 90°C. , pendant que l'opposé B reste peu au-dessus de la température ambiante (environ 32°).

Dans ces conditions, avec $H = 4000$ gauss, la plaque étant parallèle au champ, c'est-à-dire horizontale, le galvanomètre m'a donné :

Sans le champ.....	174
Avec le champ, dans un sens.....	66
Avec le champ, dans le sens opposé.....	302

ce qui revient à un effet de -108 ou $+128$, selon le sens du champ magnétique.

Pour l'annuler, il me fallait tourner la plaque de 15° .

En variant le flux de chaleur. — J'augmentais le courant de chauffage de 0,25 jusqu'à 1 ampère et, tandis que les effets grandissaient dans le rapport de 1 à 7 avec le flux de chaleur, le point d'inversion, c'est-à-dire l'angle φ_0 pour lequel l'effet total s'annule, ne variait pas sensiblement.

On sait, d'une part, que l'effet transversal est proportionnel au flux thermique et, d'autre part, que $\tan \varphi_0$ mesure le rapport entre les effets axial et transversal. On en conclut que l'effet axial, lui aussi, est proportionnel au flux thermique. De même pour la perturbation.

En variant le champ. — Quelques mesures m'ont montré que l'effet axial jusqu'à $H = 5000$ demeure sensiblement proportionnel au champ, comme l'établit le Tableau suivant :

H	2300	4000	6000
Effet.....	28	52	69

Aucun doute donc sur l'existence d'un phénomène thermomagnétique axial à côté du phénomène galvanomagnétique axial.

On doit bien s'attendre d'ailleurs à deux autres phénomènes de ce genre pour compléter l'analogie avec les quatre transversaux que l'on connaît depuis longtemps, et qui peuvent s'appeler :

Galvano-galvanique.....	Hall
Galvano-thermique.....	Ettingshausen
Thermo-thermique.....	Righi-Leduc
Thermo-galvanique.....	Ettingshausen et Nernst

Nous avons maintenant les deux axiaux analogues du premier et du quatrième; les deux autres qui manquent pourront être décelés par la même méthode que j'ai décrite, en modifiant légèrement les appareils.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équilibre de réduction du chlorure de nickel par l'hydrogène.* Note de MM. E. BERGER et G. CRUT, présentée par M. Georges Lemoine.

La réduction de nombreux chlorures métalliques, par l'hydrogène, est limitée par la réaction inverse de l'hydracide gazeux sur le métal. Au point de vue quantitatif, les équilibres obtenus ont été peu étudiés : on ne peut citer que le travail, qui paraît d'ailleurs sujet à révision, de Jouniaux ⁽¹⁾ sur le chlorure d'argent. La présente Note, relative au chlorure de nickel, expose les résultats obtenus dans l'étude de la réaction :



Le système étant divariant, la proportion α d'acide chlorhydrique pour cent, dans la phase gazeuse est fonction à la fois de la température θ et de la pression p . Les lois du déplacement de l'équilibre montrent qu'elle doit croître avec θ et décroître avec p .

Expériences. — Les déterminations de α en fonction de la température et de la pression ont été faites, en général, en partant du premier membre de l'équation : chlorure de nickel et hydrogène ; les vitesses de réaction sont alors plus grandes qu'en sens inverse et l'on arrive plus rapidement à l'équilibre. Une expérience, décrite plus loin, montre que la réversibilité est totale et qu'il n'y a pas de faux équilibres, car on arrive aux mêmes valeurs de α en renversant la réaction.

L'appareil, déjà employé par l'un de nous ⁽²⁾ pour l'étude de réactions hétérogènes, consistait essentiellement en un tube de pyrex, recourbé en V renversé, dont la grande branche verticale (manomètre) plongeait dans du mercure et dont la petite branche scellée renfermait à son extrémité du chlorure de nickel anhydre et exempt de cobalt. Le tube était gradué en volume, par jaugeage à l'eau ; un robinet scellé sur la grande branche à 80^{cm} au-dessus du niveau du mercure permettait de faire varier la pression de l'hydrogène introduit. Le chlorure de nickel était chauffé à température constante dans la vapeur d'un corps approprié.

Ce dispositif, en forme de thermo-siphon, assure le brassage des gaz. Il est facile de se rendre compte de la marche de la réaction et du moment où l'équilibre est atteint : en remarquant que le volume de HCl produit est le double de celui de H₂ qui l'a formé, on suivra l'augmentation de volume des gaz au cours de chauffes successives.

(1) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 883 ; t. 132, 1901, p. 1270 ; t. 136, 1903, p. 1003.

(2) E. BERGER, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1502 et 1798.

Cette augmentation peut être mesurée, avec exactitude, à la température ordinaire, sans crainte de rétrogradation de l'équilibre au cours du refroidissement, car la réaction inverse est très lente et sa vitesse pratiquement nulle au-dessous de 200°.

Une fois l'équilibre atteint, θ étant donnée par le point d'ébullition du corps employé à la chauffe, p était mesuré au cathétomètre, pendant la chauffe; la proportion pour cent de HCl formée : α était déduite de l'augmentation de volume gazeux à partir du début de l'expérience. On s'est assuré que la détermination de α ainsi obtenue était exacte par plusieurs analyses directes du gaz, extrait à la trompe par le robinet. Les expériences ont été faites à 310°, 340°, 395° et 445°, les pressions d'équilibre variant de 80^{mm} à 730^{mm} de mercure environ; les concentrations de HCl observées ont varié de 8 à 74 pour 100.

Formule d'équilibre. Résultats. — En adoptant pour la chaleur de réaction de gauche à droite -30700^{cal} à 15° (Thomsen) et, pour la variation de la chaleur spécifique des gaz parfaits avec T, les coefficients de Nernst, on obtient, pour représenter l'équilibre, l'équation numérique suivante où α est la proportion d'acide chlorhydrique pour cent dans la phase gazeuse,

$$\frac{29642}{4,571T} - 1,75 \log T - \frac{0,006}{4,571} T^2 + \log p + \log \frac{\alpha^2}{100 - \alpha} = K.$$

K a été déterminé par une expérience spécialement soignée et poussée très longtemps, dont les résultats sont soulignés dans le Tableau ci-après; sa valeur est de 5,93. Le Tableau rapproche les résultats trouvés de ceux que fournit la formule; la concordance est entièrement satisfaisante, les écarts sont de l'ordre des erreurs d'expérience.

310° (P. E. de la diphenylamine).			340° (P. E. du phénanthrène).		
p .	α trouvé.	α calculé.	p .	α trouvé.	α calculé.
88,6	18,5	19,3	77,5	39,7	36,2
349,7	11,6	10,3	179,7	25,2	25,7
569,6	8,9	8,2	647,9	15,6	14,5
721,1	7,8	7,4	719,2	14,6	13,9

395° (P. E. de la β -phénylnaphtylamine).			445° (P. E. du soufre).		
p .	α trouvé.	α calculé.	p .	α trouvé.	α calculé.
115,9	65,5	65,5	300	74,4	75,6
277	47,7	49,9	370,7	71,0	72,1
512	37,9	39,9	379,2	72,2	72,2
670	34,2	35,0	730	60,4	61,6

Réversibilité du système. — Ayant obtenu, par réduction du chlorure, un système en équilibre à 445°, nous avons abaissé sa température, successivement à 395°, 340°, 310° et 209°, de façon à obtenir de nouveaux équi-

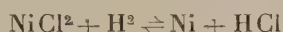
libres par rétrogradation, c'est-à-dire action de HCl sur Ni réduit de son chlorure. Les durées de chauffe nécessaires ont été sensiblement plus longues que dans le sens de la réduction, surtout aux basses températures; mais les chiffres suivants montrent qu'une chauffe suffisamment prolongée donne le même équilibre que dans le sens direct.

Départ :	445°	→	395° (a)	→	340° (b)	→	310° (b)	→	209° (b).
<i>p</i>	300		235		208		200		180
α (observé).....	74,4		49,7		26,1		18,3		16,4
α (calculé).....	75,6		49,5		26,4		14		0,6

(a) 25 heures de chauffe. — (b) 100 heures de chauffe.

On voit qu'à basse température l'action de HCl sur Ni est extrêmement lente pour le métal réduit de son chlorure. Nous avons cherché, s'il en serait de même pour un métal très divisé réduit de son oxyde à basse température. Ni(OH)³ a été réduit complètement, dans l'appareil même, à 209° (1000 heures de chauffe), par l'hydrogène; on a fait le vide, puis introduit HCl. On constate une occlusion de gaz considérable qui ne se produit pas avec Ni du chlorure; mais HCl, occlus ou en excès, ne réagit pas à froid avec une vitesse sensible. Au contraire, à 100°, après quelques heures, l'attaque est totale, le nickel jaunit en se transformant en chlorure et HCl est *complètement* remplacé par l'hydrogène. Il n'y a donc pas de faux équilibre.

Conclusions. — Dans des limites étendues, l'équilibre



est déterminé avec exactitude par la formule donnée ci-dessus, en prenant $K = 5,93$. Les concentrations d'équilibre sont les mêmes, quel que soit le sens de la réaction.

L'un de nous poursuit une étude analogue sur le bromure de nickel et les chlorure et bromure de cobalt.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le traitement thermique de certains alliages complexes d'aluminium.* Note de M. LÉON GUILLET, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente (1) nous avons, MM. Jean Durand, Galibourg et moi-même, résumé les recherches faites sur le traitement thermique d'alliages complexes d'aluminium, connus sous le nom de *duralumin* et

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 508.

montré notamment que la haute résistance présentée par ces alliages est due à un revenu fait à la température ordinaire.

Poursuivant cette étude, j'ai cherché à préciser le rôle joué par chacun des corps entrant dans la composition normale des alliages en question. Des publications récentes faites spécialement en Angleterre m'engagent à communiquer à l'Académie les premiers résultats obtenus.

Le duralumin du type courant a pour composition :

$$\text{Cu} = 3,5, \quad \text{Mg} = 0,50, \quad \text{Mn} = 0,50, \quad \text{Si} = 0,5, \quad \text{Fe} = 0,5, \\ \text{Al la différence,}$$

le silicium et le fer étant des impuretés apportées principalement par l'aluminium.

On sait qu'un tel alliage trempé entre 475° et 500° dans l'eau et abandonné pendant 48 heures à la température ordinaire présente les propriétés suivantes dans les essais de traction, de choc et de dureté :

$$R = 36^{\text{kg}} \text{ à } 38^{\text{kg}}, \quad E = 20 \text{ à } 22, \quad A\% = 21 \text{ à } 22, \quad \rho = 6, \quad \Delta = 90.$$

Nous avons étudié successivement les alliages binaires :

$$\text{Al-Cu}, \quad \text{Al-Si};$$

les alliages ternaires :

$$\text{Al-Si-Cu}, \quad \text{Al-Mg-Si};$$

et enfin les alliages quaternaires :

$$\text{Al-Mg-Cu-Si}.$$

En réalité, tous les alliages renferment certaines quantités de silicium et de fer, apportés par l'aluminium. Ces alliages ont été forgés, puis trempés à températures croissantes, les températures de trempé étant d'ailleurs déterminées par les diagrammes les plus récemment publiés, et enfin revenus de différentes façons.

Les résultats obtenus ont été caractérisés par l'essai à la bille; le revenu a consisté simplement dans un séjour à 20° pendant 48 heures.

1^o *Alliages Al-Cu.* — Nos essais ont porté spécialement sur deux alliages, l'un à 2,0 pour 100, l'autre à 3,6 pour 100 de Cu. Ces alliages contiennent environ : Si pour 100 = 0,3; Fe pour 100 = 0,5. Voici les résultats des traitements thermiques (en chiffre de Brinell) :

	Recuit.	Trempe à 350°		Trempe à 425°		Trempe à 550°	
		après trempé.	après revenu.	après trempé.	après revenu.	après trempé.	après revenu.
$\text{Cu} = 2,0...$	36	40	42,3	36,1	35,3	39,0	39,5
$\text{Cu} = 3,6...$	42,5	35	43,5	39,5	43,5	42,7	43,5

Ces alliages ne présentent pas de variations nettes de dureté dans un sens déterminé.

Dans le premier alliage, le constituant Al^2Cu est complètement dissous par trempe; dans le second, la dissolution de Al^2Cu n'est que partielle.

2° *Alliages Al-Si*. — Deux alliages ont été examinés : l'un, à 1,5 pour 100 de Si; l'autre à 2,0 pour 100 de Si.

Là encore, les variations de dureté ne sont pas nettes.

	Recuit.	Trempe à 350°		Trempe à 425°		Trempe à 475°	
		après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
Si = 1,5 ...	31	27,5	29,7	29,5	31,2	32	32,5
Si = 2,0 ...	31	27,2	31,2	29,5	32,5	31	33,6

3° *Alliages Al-Si-Cu*. — En opérant sur un alliage de même composition que le duralumin, mais ne contenant pas de magnésium, on ne constate que de très faibles variations de dureté par traitement thermique.

Un autre alliage a été essayé; il renfermait : Si pour 100 = 1,45; Cu pour 100 = 3,35. Il a donné :

Recuit.	Trempe à 350°		Trempe à 425°		Trempe à 475°	
	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
50	50	54	54	52	57	52

Le traitement thermique n'a donc pas d'influence sensible.

4° *Alliages Al-Si-Mg*. — Toute une gamme de ces alliages a été étudiée. Le Tableau suivant montre, par quelques exemples, les modifications apportées par la présence simultanée des deux éléments, lorsque la température de trempe atteint 475° :

Analyse		Recuit.	Trempe à 350°		Trempe à 425°		Trempe à 475°	
Si.	Mg.		après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
0,98	0,95	36	38	36,5	36	38	38	52
1,68	1,00	37	39,5	40,5	40,5	40,5	43	55
1,54	1,45	37	39,5	41	40	41	43	55

5° *Alliages Al-Cu-Si-Mg*. — Ici l'effet du traitement thermique est aussi très net, bien qu'on parte d'alliages présentant après recuit une plus grande dureté :

Analyse			Recuit.	Trempe à 350°		Trempe à 425°		Trempe à 475°	
Si.	Cu.	Mg.		après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
1,4	3,6	0,4	70	65	70	65	70	70	93
1,0	3,3	1,6	86	65	81	63	93	74	96
1,6	3,3	1,1	80	59	78	61	86	70	89

Il y a bien adoucissement prononcé par trempe et important durcissement par revenu.

L'examen micrographique établit les faits suivants :

1° Les alliages Al-Mg-Cu-Si sont constitués par une solution solide et les combinaisons Mg^2Si ; Al^2Cu ; Fe Al^3 et parfois du Si en excès, le fer étant une impureté;

2° L'existence simultanée de Si, Mg est indispensable pour obtenir un important durcissement; le Cu permet d'obtenir des chiffres de Brinell plus élevés après revenu;

3° La combinaison Mg^2Si ne se dissout pas sensiblement dans la trempe, tandis que la plus grande quantité de Al^2Cu disparaît;

4° Le revenu précipite à l'état divisé le composé dissous; sans doute cette précipitation est-elle facilitée par la présence des cristaux de la combinaison Mg^2Si , jouant le rôle de catalyseur.

En tous les cas, ces essais montrent que la présence simultanée de Si, Mg et Cu est indispensable pour obtenir les intéressants résultats donnés par la trempe et le revenu des alliages de Al à haute résistance.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'indigo octobromé.*

Note (1) de M. EUG. GRANDMOUGIN.

Les indigos bromés ont acquis, depuis une dizaine d'années, par leur nuance plus vive et plus verdâtre que celle de l'indigo ainsi que par leur solidité accrue (notamment au chlore), un intérêt technique considérable.

Leur préparation s'effectue par bromuration directe de l'indigo et que l'on travaille dans un solvant neutre (nitrobenzène par exemple), ou en milieu sulfurique (à basse température pour éviter la sulfonation); l'entrée des atomes de brome dans la molécule de l'indigo se fait selon une loi que nous avons établie par des recherches antérieures.

Le brome entre d'abord en para du groupe imide, en 5 ou 5', puis il se substitue à l'hydrogène en 7 ou 7', enfin il occupe les positions 4 et 4', et l'on obtient ainsi toute la gamme des indigos bromés dont nous avons décrit, jadis, les termes principaux (2). Il ne semble pas que l'on ait réussi à

(1) Séance du 7 novembre 1921.

(2) *Ber.*, t. 42, 1909, p. 4410, et t. 43, 1910, p. 937.

pousser plus loin la substitution, et notamment à occuper les positions 6 et 6', ce qui aurait conduit à l'indigo octobromé qui est le terme ultime de la bromuration de l'indigo. Si l'on fait agir un excès de brome sur les indigos bromés, on obtient des produits assez bien définis qui, notamment en présence de certains catalyseurs, peuvent contenir jusqu'à 72 pour 100 de brome, c'est-à-dire correspondent sensiblement à la composition d'un dérivé octobromé (voir notamment les brevets allemands 224 809; 230 596 et 236 902). Cependant 2 atomes de brome peuvent être enlevés facilement par des agents chimiques relativement faibles, ce qui indique qu'ils ne sont pas substitués, mais probablement additionnés, à moins qu'il ne s'agisse d'une substitution à l'azote.

En résumé, on n'a pu, par la voie de la bromuration directe, dépasser le 4.5.7.4'.5'.7'-hexabromindigo.

Cependant il nous a paru que nos travaux dans ce domaine demandaient à être complétés par l'obtention de l'octobromindigo, notamment aussi pour la vérification de certaines déductions que les composés déjà préparés permettent de faire.

Si l'on compare en effet, grâce au petit Tableau suivant :

Indigos.	Teneur en brome pour 100.	Raies d'absorption ^{μμ} (1) (en solution de xylène).
Indigo	»	590,3
5.5'-dibromindigo.....	38,1	601,6
5.7.5'-tribromindigo.....	48,1	608,7
5.7.5'.7'-tétrabromindigo.....	55,3	611,7
4.5.7.5'.7'-pentabromindigo.....	60,9	615,0
4.5.7.4'.5'.7'-hexabromindigo.....	65,2	616,2
Heptabromindigo.....	68,7	»
Octobromindigo.....	71,6	»

les spectres d'absorption des indigos bromés avec leur teneur en brome, on se rend bien compte que la nuance est conditionnée par la teneur en brome, mais aussi par la position des atomes de brome dans la molécule. L'influence des positions 5 et 5', puis 7 et 7' est particulièrement sensible; celle des positions 4 l'est beaucoup moins. Si l'on se souvient en outre que la position 6 et 6' a un caractère érythrogyre prononcé (le 6.6'-dibromin-

(1) Longueurs d'onde déterminées par M. Formánek.

digo est rouge violet, le 5.6.7.5'.6'.7'-hexabromindigo donne des teintures plus rouges que son isomère 4.5.7.4'.5'.7'), on peut en conclure que la nuance de l'octobromindigo rétrogradera vers le violet et ne présentera donc pas d'intérêt technique.

La préparation de cet octobromindigo par la voie synthétique, en collaboration avec l'un de mes élèves, M. Heussner, s'est faite par transposition et adaptation des méthodes déjà connues.

On prend à cet effet, comme point de départ, l'acide tétrabromophtalique, dont l'anhydride est préparé par la méthode de M. Juvalta (brevet allemand 50177). Celui-ci est ensuite transformé, par une réaction classique, en acide tétrabromanthranilique ⁽¹⁾ qui, entre temps, a été décrit par MM. Lesser et Weiss (*Ber.*, t. 46, 1913, p. 3942). Par action du formol, on prépare maintenant la formalide substituée $C^8H^3O^2NBr^4$, puis le cyanure fournit : l'acide ω -cyanométhyltétrabromanthranilique qui, saponifié, donne enfin la glycine de l'acide tétrabromanthranilique. (Il se forme parfois un sous-produit que nous supposons être le dérivé diformolé qui donne ensuite l'acide tétrabromanthranilodiacétique) ⁽²⁾.

Pour opérer la cyclisation, on ne peut, naturellement, employer la méthode de la fusion alcaline qui sert industriellement pour la synthèse de l'indigo; une molécule aussi complexe n'y résisterait pas. On condense avec l'anhydride acétique qui, à l'ébullition, transforme la glycine en acide tétrabromindoxylique acétylé, lequel, en milieu ammoniacal, à chaud, est saponifié et oxydé en même temps, par insufflation d'air, en octobromindigo ⁽³⁾.

L'indigo octobromé ainsi obtenu et dont la composition fut vérifiée par l'analyse (brome pour 100 : trouvé, 71,22; calculé, 71,6) possède toutes les propriétés caractéristiques des indigos substitués. Il est insoluble dans les solvants habituels, alcool et éther, mais se dissout dans les solvants à point d'ébullition élevé : nitrobenzène, éther benzoïque, tétrachlor-

⁽¹⁾ Cet acide fond à 204°-205°. Un acide du p. f. 115° décrit précédemment par M. Dorsch (*Journ. pr. Chem.*, 2^e série, t. 33, 1886, p. 32) et qu'il avait obtenu par action du brome sur l'acide isatoïque n'est selon nous que de la tribromaniline (*Ber.*, t. 47, 1914, p. 384).

⁽²⁾ Les dérivés correspondants de la série chlorée ont été préparés par MM. Villiger et Louis Blangey (*Ber.*, t. 42, 1909, p. 3551), dont nous avons suivi les indications.

⁽³⁾ On peut utiliser, à cet effet, la technique déjà décrite par MM. W.-R. Orndorff et F.-H. Nichols pour la synthèse de l'octochlorindigo (*Journ. am. Chem. Soc.*, t. 48, 1912, p. 473-500).

éthane, etc., en bleu. Par oxydation par l'acide chromique, en milieu acétique, on obtient la tétrabromisatine qui possède les caractères généraux de ces composés.

Par réduction, on obtient un dérivé leuco dont le sel de soude jaune est peu soluble, ce qui rendrait son emploi en teinture difficile si cet indigo offrait un intérêt technique. Mais son mode de préparation exclut cette possibilité sans compter que sa nuance, ainsi que nous l'avions prévu, est sensiblement plus rouge que celle des indigos verdâtres hexabromés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos du prétendu dibenzoylméthane vrai de Wislicenus; nouvelles expériences.* Note de MM. CHARLES DUFRAISSE et PIERRE GÉRALD, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail antérieur ⁽¹⁾, l'un de nous avait conclu de ses recherches que, contrairement à l'opinion de Wislicenus, le composé obtenu en saponifiant par la soude alcoolique la bromobenzalacétophénone, $C^6H^5 - CO - CBr = CH - C^6H^5$, ne devait pas être la forme cétonique du dibenzoylméthane, $C^6H^5 - CO - CH^2 - CO - C^6H^5$, ou dibenzoylméthane vrai. La présente Note a pour but d'élucider la nature du prétendu dibenzoylméthane vrai et le mécanisme de sa formation.

Dès nos premières expériences nous avons reconnu que le produit obtenu par Wislicenus correspondait non pas à la composition du dibenzoylméthane $C^{15}H^{12}O^2$, admise par ce savant, mais à celle d'un composé contenant de l'alcool $C^{17}H^{16}O^2$.

Les recherches bibliographiques effectuées à cette occasion nous ont révélé que d'autres auteurs avaient abouti à la même conclusion. Mais de l'ensemble de leurs mémoires il se dégageait une impression d'incertitude. En effet, d'une part, tous ces auteurs avaient adopté pour le produit originel, l' α -bromobenzalacétophénone, la formule erronée de Wislicenus, c'est-à-dire $C^6H^5 - CO - CH = CBr - C^6H^5$, et, d'autre part, postérieurement à leurs publications, Widman ⁽²⁾ s'était prononcé nettement en faveur des anciennes conceptions de Wislicenus. Dans ces conditions, nous avons jugé qu'il n'était pas superflu de revoir entièrement la question depuis son point de départ, et d'essayer d'y apporter quelques contributions nouvelles.

I. NATURE DU PRÉTENDU DIBENZOYLMÉTHANE VRAI. — A. β -éthoxybenzalacétophénone $C^6H^5 - CO - CH = C(OC^2H^5)C^6H^5$. — Wislicenus préparait le soi-disant dibenzoylméthane vrai en traitant la bromobenzalacétophénone par une solution alcoolique de soude:

⁽¹⁾ DUFRAISSE, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1062.

⁽²⁾ *Ber.*, t. 49, 1916, p. 477.

En reprenant cet essai dans des conditions variées, nous avons observé que les rendements augmentaient avec le degré alcoolique de l'alcool mis en œuvre et s'amélioreraient encore si l'on opérait *en l'absence d'eau* (emploi d'alcool absolu et d'éthylate de sodium).

Cette remarque nous a donné à penser qu'il devait y avoir fixation du reste C^6H^5O — sur la molécule et nous avons attribué au composé obtenu la formule $C^6H^5 - CO - CH = C(OC^2H^5)C^6H^5$, que confirment, outre les réactions déjà connues du produit, la composition centésimale et l'expérience suivante.

B. *L'éthylate de benzoylphénylacétylène*. — MM. Moureu et Brachin⁽¹⁾, en condensant les alcools avec diverses cétones acétyléniques, ont obtenu des cétones α - β -éthyléniques- β -alcoylées $R_1 - CO - CH = C(OR_2)R_3$, dont on voit l'étroite parenté avec le composé précédent.

Si notre hypothèse était exacte, nous devions obtenir le composé de Wislicenus par la réaction de Moureu et Brachin, c'est-à-dire par la fixation d'alcool éthylique sur le benzoylphénylacétylène $C^6H^5 - CO - C \equiv C - C^6H^5$.

C'est ce que nous avons vérifié.

L'alcool éthylique se fixe facilement sur la triple liaison du benzoylphénylacétylène, et le corps cristallisé résultant est identique au produit de l'action de l'éthylate de sodium sur la bromobenzalacétophénone.

Nous pouvons donc conclure que le prétendu dibenzoylméthane vrai de Wislicenus n'est autre que la β -éthoxybenzalacétophénone⁽²⁾.

II. MÉCANISME DE LA FORMATION DE LA β -ÉTHOXYBENZALACÉTOPHÉNONE. — A. La réaction de Wislicenus revient ainsi à enlever un atome de brome et à fixer le groupement $-OC^2H^5$; mais on remarquera que le reste $-OC^2H^5$ n'a pas pris, dans la molécule, la place qu'occupait Br :



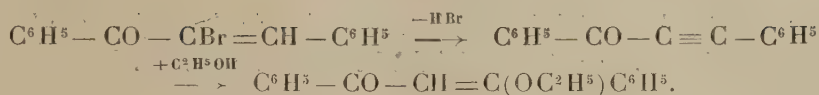
Il y a là une anomalie curieuse : nous avons cherché à en fournir une explication rationnelle.

La réaction de Moureu et Brachin permettait d'envisager une solution satisfaisante de ce problème : tout d'abord perte de HBr avec formation de benzoylphénylacétylène, puis fixation d'alcool sur la liaison

(1) *Soc. chim.*, 3^e série, t. 33, 1905, p. 139.

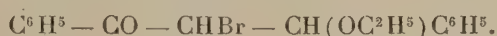
(2) Cette conclusion est en accord avec celles de Ruhemann, Watson, Sluiter et Abell.

acétylénique



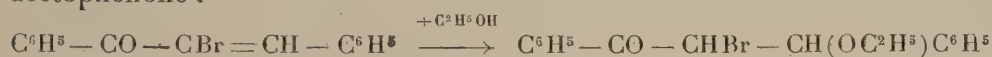
L'expérience mentionnée ci-dessus donnait toute vraisemblance à cette interprétation des faits (1); mais une étude plus approfondie nous a contraints à la rejeter.

B. *α-bromo-β-éthoxybenzylacétophénone*

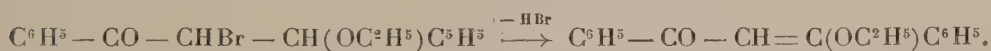


A la suite d'un grand nombre d'essais, nous avons réussi à scinder en deux phases bien distinctes la réaction de Wislicenus.

Dans une première phase, l'éthylate de sodium, agissant comme catalyseur, détermine la fixation d'une molécule d'alcool sur la double liaison avec formation d'un composé saturé, nouveau, l'*α-bromo-β-éthoxybenzylacétophénone*:



Dans une seconde phase, l'éthylate de sodium, entrant en réaction, élimine HBr et crée, de nouveau, une liaison éthylénique:



Le composé saturé intermédiaire a été obtenu en quantités importantes et étudié avec détail. Il est formé d'aiguilles incolores, fondant à 60°-61°.

Ce composé est très stable: il bout sans décomposition à 182°-183° sous 3^{mm}-4^{mm}. Par contre, il est très sensible à l'action des alcalis, qui lui enlèvent facilement HBr, d'après la réaction précédemment indiquée.

En résumé:

1° Le prétendu dibenzoylméthane vrai de Wislicenus n'est autre que la *β-éthoxybenzalacétophénone* $\text{C}^6\text{H}^5 - \text{CO} - \text{CH} = \text{C}(\text{OC}^2\text{H}_5)\text{C}^6\text{H}^5$.

2° Cette substance se produit à partir de la bromobenzalacétophénone par formation intermédiaire d'un composé saturé l'*α-bromo-β-éthoxybenzylacétophénone* $\text{C}^6\text{H}^5 - \text{CO} - \text{CHBr} - \text{CH}(\text{OC}^2\text{H}_5)\text{C}^6\text{H}^5$.

(1) Cette interprétation avait été envisagée par Rubemann et Watson, puis par Kohler et Johnstin, sans que ces auteurs l'aient, du reste, soumise à la vérification expérimentale.

GÉOLOGIE. — *Sur la pénéplaine supérieure du bassin de Paris et sur les aplanissements primordiaux de la périphérie.* Note de M. G. DENIZOT, présentée par M. Émile Haug.

J'ai indiqué antérieurement ⁽¹⁾ que les plateaux élevés du bassin de Paris appartiennent à une vaste surface topographique qui, dans sa partie centrale, se montre en relation avec le calcaire lacustre de la Beauce (Aquitanien) et dont l'élaboration a été interrompue par les phénomènes qui ont déterminé, au Burdigalien, l'écoulement des sables granitiques; ce qui permet de placer l'achèvement de la *pénéplaine supérieure* à la limite des deux étages.

Quand on s'éloigne du centre du bassin, l'analyse de la surface topographique permet de séparer de la pénéplaine supérieure des éléments plus anciens, qui s'observent au SE et à l'W.

Sud-Est du bassin. — La partie septentrionale du Berry offre une surface se relevant rapidement, depuis la bordure de la Sologne, jusqu'à plus de 430^m (plate-forme d'Henrichemont), et se limitant à la côte de la Motte d'Humbligny, au-dessus des aplanissements qui paraissent représenter la pénéplaine supérieure (plate-forme des Epsailles, vers 360^m). Cette plate-forme d'Henrichemont est antérieure aux dépôts lacustres du Berry, qui occupent une dépression d'érosion ⁽²⁾.

Ouest du bassin. — En bordure de la Beauce, on observe des surfaces qu'il est facile de relier à la pénéplaine supérieure (notamment la plate-forme 150^m-170^m du Nord de la Touraine); cette pénéplaine se suit sur le Perche et jusque sur le massif Armoricaïn, visible par exemple autour de la Sarthe, en aval d'Alençon, vers 200^m ⁽³⁾. Mais, au-dessus, on voit s'élever des surfaces fortement inclinées, notamment à Fontaine-Raoul, à Senonches, à gauche de l'Huisne; ces surfaces présentent, avec presque toute leur ampleur, la trace des déformations qui ont affecté les couches crétacées, et au NE se montrent en relation avec le Sparnacien. A la limite du bassin, les hautes collines du Maine, constituées de terrains primaires, sont en tout cas antérieures au dépôt de l'Éocène moyen (grès à plantes et couches à *Potamidès lapidum*) et paraissent présenter des vestiges de topographies très anciennes. On y observe des plate-formes inclinées, limitées d'une part à une côte abrupte, d'où elles s'abaissent, pour se souder aux aplanissements plus récents, comme celle atteignant plus de 350^m près de Bais et s'abaissant vers l'Est.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 399.

⁽²⁾ DE COSSIGNY, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3^e série, t. 4, 1876, p. 256. — A. DE GROS-SOUVRE, *Ibid.*, t. 28, p. 991.

⁽³⁾ En ce point au moins, notre pénéplaine supérieure se confond avec la « plate-forme de la Forêt de Mayenne » de M. Musset (*Le Bas-Maine*, Paris, 1917); la présence de lambeaux et blocs de grès montre qu'elle est postérieure à l'Éocène moyen.

Ainsi nous reconnaissons, en dehors de quelques témoins de topographies anté-tertiaires dans l'Ouest, une ceinture d'aplanissements un peu plus récents que le Crétacé; ils se poursuivent sous les dépôts lacustres de la cuvette orléanaise, en sorte qu'on peut restituer la surface, en grande partie noyée sous les dépôts ultérieurs, d'une *pénéplaine primordiale*. Le substratum de cette pénéplaine varie très lentement : Sénonien au centre du bassin, il comporte une large auréole turonienne et ne passe sur le Cénomaniens qu'à la périphérie; les ondulations de cette surface ont, à très peu près, la même ampleur que celles de la Craie. La pénéplaine primordiale apparaît donc comme comprise entre le Crétacé supérieur, dont elle n'est séparée que par des mouvements du sol minimes, et le Lutétien, qui débute par un effort d'ondulation très notable.

Sur cette surface, on trouve généralement une couverture du terrain confondu jadis dans le vaste ensemble des « *argiles à silex* », et que nous nommerons *terrain à ladères*. Ce terrain offre la signification d'un dépôt de plateau diagénétisé; il plonge sous la Beauce en passant dans les calcaires lutétiens, et se montre en relations avec le Sparnacien fluviatile.

Les argiles à silex des anciens auteurs réunissent trois catégories principales de terrains : 1° les résidus d'altération sur place de la Craie ⁽¹⁾; 2° des dépôts détritiques constitués aux dépens de la Craie; 3° les produits de remaniement, argileux ou limoneux, des deux catégories précédentes. Les dépôts détritiques sont les plus intéressants : ils ont été bien reconnus par M. de Grossouvre ⁽²⁾ et par M. Lemoine ⁽³⁾, qui ont observé que les poudingues et grès lustrés (ladères) se constituaient au sein de la formation. L'absence de stratification visible et le caractère local des cailloux n'infirmement pas la présence fréquente de grains transportés. Tel est le caractère des dépôts de plateaux, comme ceux que j'ai montré liés à la pénéplaine de la Basse-Loire ⁽⁴⁾. Le terrain à ladères envisagé ici apparaît donc comme une très ancienne couverture de pénéplaine, profondément transformée postérieurement à son dépôt. Enfin l'association des ladères aux dépôts fluviatiles du Sparnacien s'observe, ainsi que leur subordination commune aux calcaires lutétiens, entre Chartres et Châteaudun, ainsi que dans le bassin du Loing (Saint-Martin-sur-Ouanne).

La *pénéplaine primordiale* du bassin de Paris s'est donc constituée après l'émersion de la Craie, durant une partie plus ou moins importante de

(1) DOLLFUS, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3^e série, t. 19, 1891, p. 883.

(2) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 122, 1909, p. 28.

(3) *Géologie du Bassin de Paris*, p. 251; Paris, 1911.

(4) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 600. Notons que la pénéplaine supérieure offre des dépôts de même caractère : c'est pour une bonne partie le terrain noté, sur beaucoup d'anciennes cartes : M (argile à silex remaniée).

l'Éocène inférieur; elle était en tout cas achevée au début du Lutétien. Cette pénéplaine a été gauchie, comme la Craie elle-même.

La période allant du Lutétien au Sannoisien, qui offre divers dépôts lacustres en même temps que plusieurs phases d'ondulation, ne paraît pas avoir laissé de topographie étendue. Mais une nouvelle phase de pénéplanation se manifeste durant l'Aquitanién, au cours duquel s'est constituée la *pénéplaine supérieure* dans le centre du bassin; elle se prolonge sur les bords en entamant les plate-formes antérieures ou souvent en les retouchant pour les incorporer plus ou moins (¹).

GÉOLOGIE. — *Le Canigou et la Maladetta, pôles de l'axe primitif des Pyrénées.*

Note de M. OCTAVE MENGEL, présentée par M. Émile Haug.

Au cours des levés géologiques des feuilles de l'Hospitalet et de Prades mon attention a été attirée, du Canigou à la Maladetta, sur la continuité d'affleurements de poudingues ordoviciens. Ces affleurements n'étant pas indiqués sur la Carte, sa lecture ne permet pas d'interpréter les contours des terrains primaires au point de vue de la tectonique originelle des Pyrénées. Je vais, dans cette Note, préciser la répartition de cette formation néritique et essayer d'en tirer conséquence.

Stratigraphie. — Je n'ai rien vu, dans la moitié orientale des Pyrénées, qui puisse être rapporté avec certitude au Cambrien. La base des dépôts siluriens, dans les parties les moins métamorphiques, est formée d'une grande épaisseur de schistes siliceux rubanés avec des intercalations de schistes noir bleuâtre plus fissiles et, en hauteur, des alternances de quartzites et schistes gréseux micacés, dans lesquels, à Pardinass, j'ai trouvé les plaquettes à *Cruziana*. On aurait alors affaire à l'*Arenig*. Viennent ensuite des schistes plus délitables, qui, à Villefranche, m'ont donné *Calymene Tristani* : c'est le *Llandeilo*.

Au-dessus on trouve l'importante formation du *Caradoc*, facile à repérer, du moins des Pyrénées-Orientales à l'Aragon oriental, suivant deux longues bandes orientées ESE-WNW et caractérisées par la succession suivante : schistes gris verdâtre à *fucoïdes* (très typiques), schistes à concrétions calcaréo-gréseuses, alternance de schistes à *Orthis actoniae* avec petites lentilles

(¹) J'ai indiqué, antérieurement (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 600), une troisième phase de pénéplanation au sommet de l'ère tertiaire (*pénéplaine inférieure*).

de calcaire zoogène, de grès et de poudingues siliceux, uniquement formés de grains ou de galets de quartz et de quartzites provenant des formations régionales antérieures. Je n'ai pu y découvrir de galets calcaires. C'est là un nouvel argument à ajouter à ceux que j'ai fait valoir en faveur de l'âge gothlando-dévonien de la *Dalle*. A noter que, très souvent, les bancs inférieurs de grès ou de poudingues sont repris par un ciment quartzeux qui, le dynamométamorphisme aidant, les transforme en bancs de quartz, dans lesquels les quartzites ne se manifestent plus que par des plages grises. J'ai suivi, en de nombreux points de la bande septentrionale, le processus de cette régénération. Entre les deux bandes de ce Caradoc détritiqué existe, sur les schistes zonés de l'Arenig et du Llandeilo, des schistes roux ou blanc jaunâtre, compacts ou en plaquettes, dans lesquels je vois le Caradoc bathyal ou abyssal de la zone axiale du géosynclinal. L'ensemble du Caradoc est recouvert par les schistes graphiteux du Gothlandien à plages très fossilifères le long du Caradoc néritique.

Au Gothlandien sont superposés en concordance les calcschistes du Dévonien inférieur et les calcaires compacts dolomitiques du Dévonien moyen. Le Dévonien supérieur et le Carbonifère présentent des discordances fréquentes avec les dépôts précédents et restent cantonnés dans deux géosynclinaux, dont les axes respectifs renferment le Caradoc néritique.

Ces deux aires synclinales sont, au Nord, celle de Mérens-Villefranche-Thuir; au Sud, un synclinal qui va de la haute vallée du Tech au bassin supérieur des Nogueras en passant par Camprodon, Ribas, La Seo de Urgel-Rialp. Je me bornerai ici à attirer l'attention sur deux faits : 1° le passage brusque de l'Est à l'Ouest, des grès du Caradoc aux poudingues, au droit du méridien du Canigou, simultanément sur les deux bandes; 2° la disparition graduelle de ces poudingues et leur retour aux grès en avant de la Maladetta. D'après M. Dalloni, le Caradoc — à *Orthis* tout au moins — n'existerait pas à l'ouest de la Maladetta.

Tectonique. — Au Llandeilo, nous voyons se former deux rides sensiblement parallèles, dont le démantèlement donnera les dépôts néritiques dont il vient d'être question. Simultanément, par mouvement épirogénique, s'opère un relèvement brusque de leur axe, là où bourgeonnera bientôt le Canigou, et un abaissement progressif à l'Ouest, vers l'emplacement du futur dôme granitique de la Maladetta. Nous sommes à l'époque des *plissements calédoniens*.

Le géosynclinal compris entre les deux rides calédoniennes est alors en quelque sorte le berceau des Pyrénées, dont le Canigou serait la tête. La

descente de son axe dans la zone de métamorphisme général ayant donné aux sédiments qui s'y étaient accumulés au cours de la transgression gothlando-dévonienne, une plasticité plus grande qu'à ceux du démantèlement des premières rides, c'est sur les premiers que les plissements hercyniens purent exercer leur maximum d'action; de sorte qu'au milieu du Dévonien nous trouvons le géosynclinal calédonien mué en un géantoclinal hercynien et bordé de deux synclinaux, occupant l'emplacement des rides ordoviciennes.

Ce géantoclinal comprend, du Sud au Nord, les six brachyanticlinaux suivants :

Le Puigmal, peu métamorphique; le massif de Carença, essentiellement gneissique; le Canigou, également gneissique, mais très fortement injecté de granulite, avec quelques veines granitiques; le « pseudo-anticlinal de la Maladetta » (je désigne ainsi un long soubassement granitique, dont l'extrados, inclus à la fin de la période hercynienne dans les plissements antérieurs, se révèle par les massifs de la Maladetta, Paguera, Campcarlos, Mont Louis et Batère); enfin, les Albères, peu métamorphiques, prenant naissance dans la région d'Oms.

Mais déjà, dès cette époque, s'accuse une dissymétrie de l'effort tangentiel sur les deux versants du géantoclinal naissant. Il en résulte, sur le flanc sud, une longue faille longitudinale, une première fêlure, qui déjà se propage vers l'Est, à la fin du Trias, ainsi que semble l'indiquer l'alignement d'*ophites*, qui relaie à Gramos, pour s'étendre jusqu'au sud de Gavarnie, celui des *microgranites et orthophyres* carbonifères venant d'Amélie-les-Bains.

Les plissements post-oligocènes, qui n'ont fait que rejouer, suivant les rides anciennes, sont caractérisés, sur le versant sud, par un empilement de nappes de charriage, poussées du Sud, avec chevauchement frontal, vers le Nord, d'un bourrelet de leur substratum, qui vient s'intriquer tout le long de la fracture « Amélie-les-Bains — Gavarnie » sous le Primaire de la bordure de la zone axiale en recouvrement anormal, paraissant, par relativité, poussé du Nord.

Le Canigou, originairement mal enraciné et pincé entre deux efforts tangentiels opposés, celui du Sud au Nord étant prépondérant, éprouva une nouvelle surrection par rapport à la *pénéplaine* des temps secondaires dont les « plis » des massifs voisins sont les vestiges. Il se déversa alors en lame anticlinale sur l'extrémité nord-est du soubassement granitique « Maladetta-Batère » qu'il fractura en l'écrasant entre lui et le faisceau synclinal « Villefrance-Thuir ».

Ce travail de plissement longitudinal continua jusqu'au début du Qua-

ternaire et fut accompagné de mouvements épirogéniques posthumes, dont l'un donne la dépression du Capéir. Je donne ailleurs les raisons de cette opinion.

En résumé : *Le Canigou et la Maladetta peuvent être considérés comme les pôles du noyau primitif des Pyrénées. Ce noyau résulte de l'inversion d'un géosynclinal calédonien en géanticlinal hercynien ; il est l'axe autour duquel, au cours des temps géologiques, la chaîne a évolué suivant un mode originel.*

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'importance pratique et phylogénétique du talon postérieur (T_p) des molaires des mastodontes et des éléphants.* Note de M. SABBA STEFANESCU.

Cuvier, Falconer, Vacek et tous les paléontologistes qui m'ont précédé ont étudié le T_p des molaires des mastodontes et des éléphants uniquement au point de vue descriptif. J'ai étudié le même talon au point de vue pratique et phylogénétique et j'ai conclu qu'il *présente des caractères morphologiques utilisables à la détermination de la position de droite ou de gauche des molaires, et des caractères morphophylogénétiques utilisables à la détermination du phylum des mastodontes bunolophodontes et des éléphants.* Cette conclusion est basée sur les faits suivants :

I. La couronne des dernières molaires des mastodontes et des éléphants est organisée selon un seul et même plan de structure. Longitudinalement, elle est formée de deux moitiés organiques asymétriques, séparées par un plan organique oblique d'avant en arrière, dirigé vers l'intérieur de la bouche chez les molaires inférieures et vers l'extérieur chez les molaires supérieures. Transversalement, chaque colline ou lame est formée de deux tubercules, dont l'un en trèfle (T_{tr}) et l'autre en crête (T_{cr}). Chez les molaires inférieures les T_{tr} occupent la moitié organique externe ; c'est l'inverse de ce qui a lieu chez les molaires supérieures. Comparativement, les T_{tr} des collines ou lames postérieures sont plus gros que les T_{cr} . La dernière de ces collines ou lames, celle qui est désignée sous le nom de T_p , peut être ou complète, bituberculaire, ou incomplète, unituberculaire, et dans ce cas elle est constamment formée par le T_{tr} .

II. Puisque les T_{tr} occupent invariablement la moitié organique externe chez les molaires inférieures, et la moitié organique interne chez les supérieures, il s'ensuit que *la position du T_{tr} du T_p nous indique la moitié*

externe ou interne de la couronne et, par conséquent, la position de droite ou de gauche des molaires.

a. Prenons un exemple et appliquons ce caractère morphologique à la détermination de la position de droite ou de gauche de la molaire de *Mastodon angustidens* Cuv. mut. *pygmæus* Dep.

D'après l'auteur de cette mutation ⁽¹⁾, « il s'agit d'une molaire inférieure, et fort probablement d'une dernière ou sixième molaire, en raison de la grandeur du talon », qui est « pourvu seulement de deux tubercules ». Or, d'après mes observations, la molaire dont il s'agit est la dernière ou sixième inférieure de droite ($M_{\frac{3}{3}}d$), parce que le plus gros des deux tubercules du T_p , c'est-à-dire le T_{tr} , est situé sur la moitié organique externe de la couronne.

b. Il est à remarquer pourtant que l'organisation du T_p des dernières molaires, telle qu'elle vient d'être exposée, n'est pas régie par une loi mathématique absolue, car exceptionnellement on peut observer des écarts, comme par exemple des T_p unituberculaires situés presque dans la direction du plan organique, et des T_p bituberculaires dont le T_{tr} est moins gros que son congénère T_{cr} ; mais à part ces exceptions et d'autres qu'on peut rencontrer, l'organisation du T_p suit la règle générale que nous venons de mettre en évidence.

III. La partie proximale des M_3 est plus étroite et plus caudiforme que celle des M^3 ; c'est pourquoi le T_p des M_3 est le plus souvent unituberculaire, tandis que le T_p des M^3 est généralement bituberculaire. Déjà Kaup ⁽²⁾ a remarqué que le talon de la M_3 de *Mastodon longirostris* « forme plus ou moins une figure conique », tandis que le talon de la M^3 « n'apparaît jamais sous la forme d'un cône simple ».

IV. Unituberculaire ou bituberculaire, quelquefois le T_p est visiblement indépendant du collet de la couronne; mais d'autres fois il est tellement rapproché du collet que l'un et l'autre se confondent en une masse, dans laquelle on est enclin d'admettre, soit que le T_p est engendré par le collet énormément développé, soit qu'au contraire, le T_p s'est développé beaucoup et que le collet s'est excessivement réduit. A mon avis, cette dernière interprétation est la seule vraie, pour le bon motif que, même si le collet du bord postérieur de la couronne s'est réduit jusqu'à disparaître, en obser-

⁽¹⁾ CH. DEPÉRET, *Découverte du Mastodon angustidens dans l'étage carténien de Kabylie* (Bull. Soc. géol. Fr., 3^e série, t. 25, 1897, p. 518, pl. XIX).

⁽²⁾ *Description des ossements de Mammifères, etc.*, 4^e cahier, 1835, p. 69-82.

vant attentivement on peut le discerner et le suivre derrière le T_p . Comme exemple nous citons les molaires intermédiaires supérieures (m^3 , M^1 , M^2) de *Mastodon arvernensis*, dont le collet des bords interne et externe de la couronne est plus ou moins bien indiqué, tandis que le collet du bord postérieur est à peine discernable. Vacek (¹), qui s'est occupé du T_p des molaires des mastodontes, lui attribue, comme tous les paléontologistes d'ailleurs, la valeur d'une vraie colline rudimentaire.

V. Kaup a observé que le T_p de la M_2 de *Mastodon longirostris* « a une figure octiforme, dont la tête plus petite est tournée vers l'intérieur ».

a. Pour désigner les nombreuses variations d'aspect et de position du T_p , les paléontologistes emploient des appellations, telles que talon *diversiforme* (Lartet), *faux* talon (Kaup), qui n'ont rien de précis, mais l'appellation très expressive talon *octiforme* convient très bien au T_p des m_3 , M_1 , M_2 , M_3 de *Mastodon angustidens*, *longirostris*, *arvernensis*, *sivalensis* et d'autres espèces de mastodontes bunolophodontes, parce qu'il est formé de deux tubercules inégaux, l'externe T_{er} normalement plus gros que l'interne T_{ir} , ce qui lui donne en apparence l'aspect d'un 8 à boucles inégales. De ce fait, nous concluons que le T_p des molaires inférieures des mastodontes bunolophodontes présente des caractères morphophylogénétiques qui nous indiquent leur proche parenté et leur étroit lien généalogique.

VI. Excepté l'aplatissement postéro-antérieur et la différenciation régressive des tubercules, le T_p de la couronne des molaires des éléphants est organisé exactement comme le T_p de la couronne des molaires des mastodontes bunolophodontes, qui sont leurs ancêtres. Par exemple, le T_p bituberculaire des M_3 d'*Elephas meridionalis* de ma collection ressemble tout à fait au T_p bituberculaire des mêmes molaires de *Mastodon arvernensis*.

SISMOLOGIE. — *Observations sur deux sismes récents du Massif Armoricain*. Note de MM. F. KERFORNE et Y. MILON, présentée par M. Pierre Termier.

Le Massif Armoricain est assez fréquemment ébranlé, par des *sismes locaux*, généralement faibles, et qui passent souvent inaperçus. Les compartiments de la marqueterie armoricaine rejouent et oscillent cependant; citons pour mémoire les sismes des 5 août 1909, 20 mai 1916, 27 juin 1920. Cette année deux nouvelles secousses ont été observées.

(¹) Ueber OÖsterreichische Mastodonten, 1877.

La première s'est produite à Laval (Mayenne), le 10 janvier 1921, à 0^h20^m; l'ébranlement, assez fort, a réveillé un grand nombre de personnes, l'intensité a atteint le type V de l'échelle d'intensité sismique d'A. Sieberg. Le sisme fut ressenti sur 3000^{km²} environ. Une enquête détaillée (282 observations recueillies) nous a permis de distinguer, dans la région ébranlée, cinq zones grossièrement concentriques limitées par des courbes *isosistes*. La zone centrale, d'intensité maximum ou *aire pléistosiste*, affecte la forme d'une ellipse, dont le petit axe, dirigé dans le sens des plissements du bassin de Laval, aurait 9^{km}; le grand axe dirigé NNE, aurait 15^{km} et coïnciderait avec la vallée de la Mayenne, où doit être recherchée la cause probable du sisme, que nous croyons pouvoir attribuer au jeu d'une ou de plusieurs failles d'un *champ de fractures* ultérieurement déblayé par la rivière.

Les quatre courbes isosistes suivantes ont un tracé beaucoup plus irrégulier, faisant ressortir de grandes variations, dans le mode de propagation de l'ébranlement, *variations commandées*, semble-t-il, *par la structure géologique de l'aire macrosismique*.

L'ébranlement s'est transmis beaucoup plus facilement dans la direction NNE-SSO, normale aux plissements paléozoïques, que dans la direction de l'axe de ces plis, où les effets du sisme s'atténuent assez rapidement vers l'Est, et très rapidement vers l'Ouest. Au sud du complexe synclinal au contraire, le sisme a ébranlé une vaste zone et les isosistes s'étalent dans le Briovérien, jusqu'à la *barrière* de la Nappe de la Vilaine.

Au Nord, la transmission de la secousse a été facilitée par la présence, d'importants massifs granitiques, alignés Est-Ouest; les isosistes s'éloignent et s'écartent dans cette région, surtout vers l'Ouest, l'Est étant barré par de nombreux synclinaux paléozoïques (Coëvrons, Pailé) qui *font ombre*.

Des grondements prolongés, très forts dans l'aire pléistosiste, ont accompagné le phénomène; la généralité et la variété de ces bruits nous ont permis d'établir une échelle d'intensité (qui sera exposée dans un travail en préparation) et de tracer une courbe *isacouse* englobant les localités où les phénomènes acoustiques seuls se sont manifestés.

Le sismographe établi au Mans, qui enregistre parfaitement les télé-sismes, n'a pas enregistré ce sisme local.

Le 26 janvier 1921, vers 21^h30^m, un autre sisme, plus faible (au maximum, type III de l'échelle précitée), a été ressenti dans la région de Pontivy (Morbihan) et semble s'être étendu sur 200^{km²}.

Nous avons pu délimiter deux régions ébranlées distinctes; l'une au sud

du massif paléozoïque du Quénécan, l'autre occupant le triangle : Rohan-La Chèze-Loudéac, au sud du massif granitique et cristallophyllien du Menez-Bel-Air. Cette deuxième aire pléistossiste étant séparée de la première par un curieux *pont de silence* (Locminé, Saint-Gonéry).

Le sisme a pu se déclancher dans la région très faillée qui s'étend au sud du Bassin du Menez-Bel-Air, et se transmettre, par quelque *résonance* encore mystérieuse, dans la région du Quénécan.

MÉTÉOROLOGIE. — *Contribution à la prévision du temps et en particulier des orages par les visées de ballons-pilotes.* Note de M. J. LACOSTE, présentée par M. E. Bouty.

Les sondages atmosphériques par ballons-pilotes, multipliés pendant la guerre pour les besoins de l'artillerie, de l'aviation, de l'aérostation, etc. ont été appliqués par quelques météorologistes à la prévision du temps.

Ayant pendant plus de deux ans, au service météorologique de la III^e armée, pratiqué des sondages par ballons-pilotes toutes les quatre heures, de nuit et de jour, j'ai eu l'idée de chercher une relation entre les formes des graphiques représentant la projection horizontale de la marche du ballon, les données des cartes synoptiques du temps et l'allure du baromètre et j'ai déduit de cette comparaison quelques conclusions qui peuvent servir à la prévision météorologique.

J'ai classé les formes des sondages de la façon suivante :

1^o Sondages à direction constante : ce sont ceux dans lesquels les vents inférieurs et supérieurs conservent sensiblement la même direction.

2^o Sondages à angle brusque : les vents supérieurs prennent *subitement* des directions, généralement des régions ouest, contraire à celle des vents inférieurs. Deux couches d'air glissent l'une sur l'autre sans frottement.

3^o Sondages tournants : ce sont ceux dans lesquels les vents changent progressivement de direction avec l'altitude. Par exemple, les vents inférieurs étant des régions est ou sud-est, les vents supérieurs deviennent sud-sud-ouest et ouest avec l'altitude. Deux couches d'air se pénètrent mutuellement.

4^o Sondages dans lesquels les vents de la couche 0^m-2000^m changent rapidement de direction avec le temps et sont de directions trop différentes pour des stations voisines.

5^o Sondages indiquant des vents faibles et variables en direction jusqu'à grande altitude.

Au point de vue de la prévision on peut faire les remarques suivantes :

1° Les sondages de la première classe sont caractéristiques des régimes dépressionnaires ou des bords des anticyclones. La direction des vents permet de trouver celle du centre de la dépression; il se trouve sur une normale à la direction des vents vers 1000^m. Les changements de direction générale des vents avec le temps indiquent le déplacement du centre et permettent de préciser le sens de ce déplacement.

2° Les sondages à angle brusque annoncent une dépression lointaine. Si des sondages régulièrement renouvelés montrent l'angle à des altitudes de plus en plus élevées (4000^m, 5000^m, 6000^m), la dépression n'est pas à craindre. Si l'angle s'abaisse progressivement, la dépression est dangereuse, les vents supérieurs croissent en force, le baromètre baisse. Les vents supérieurs semblent venir du centre dépressionnaire.

3° Les sondages tournants de l'Est ou Sud-Est au Sud, Sud-Ouest et Ouest avec l'altitude sont les précurseurs d'orages. Non seulement ils indiquent qu'une dépression envahit la France par le Sud-Ouest (Espagne, golfe de Gascogne), mais si les vents inférieurs atteignent 4^m ou 5^m, *on doit attendre l'orage dans les 24 heures sur le lieu du sondage ou dans les environs*. En hiver on aura de la neige.

Je me suis particulièrement attaché à cette forme de sondage pendant les années 1917-1918 et une statistique faite pour les stations de Clermont (Oise), Châlons (Marne), Malzéville (Meurthe-et-Moselle), me donne un coefficient de certitude de 80 pour 100. Récemment encore, au cours de l'été dernier, par de nouveaux sondages exécutés à l'Institut de Physique du globe de Strasbourg, j'ai pu rendre M. Rothé, directeur de cet Institut, témoin de la valeur de telles observations.

Il me semble donc que parmi toutes les origines attribuées à l'électricité atmosphérique, il ne faudrait pas laisser de côté l'origine dynamique. Il est très rare en effet que l'on constate des orages par vents inférieurs et supérieurs de même direction; *la composante Est pour les vents inférieurs paraît nécessaire*. On pourrait admettre que le frottement de couches d'air de directions différentes amène une transformation d'énergie cinétique en énergie électrique ou qu'il donne lieu à une ionisation particulière favorable à la formation du cumulus orageux.

On voit ainsi combien les sondages seraient utiles sur les côtes ouest qui ne peuvent utiliser, pour la prévision, des observations plus occidentales. Le violent orage qui, dans la nuit du 15 au 16 juillet 1918, endommagea gravement l'abri d'un dirigeable à Rochefort-sur-Mer, aurait pu être prévu par les sondages.

4° Les sondages de la quatrième classe caractérisent les dépressions secondaires, les poches barométriques. Ils montrent qu'en de pareilles circonstances, seuls les vents de la couche 0^m-2000^m éprouvent des variations rapides avec le temps. Au-dessus d'eux, on retrouve les vents que dirige la dépression principale. *De pareils sondages sont aussi les précurseurs d'orages en été, de la neige en hiver.*

5° Les sondages de la cinquième classe se font sur les hauts plateaux anticycloniques ou vers le centre de vastes zones dépressionnaires.

Sans méconnaître la valeur des autres méthodes de prévision du temps, je crois pouvoir dire qu'un examen attentif des sondages apporterait à la prévision un concours très efficace.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la formation de la pluie et l'origine des cirrus.*

Note de M. GABRIEL GUILBERT, présentée par M. R. Bourgeois.

L'été de 1921, dont la température a été exceptionnellement élevée, s'est signalé toutefois par de fortes chutes de neige dans les Alpes et les Pyrénées. En plein mois d'août, beaucoup de sommets, vers l'altitude de 2000^m ont été couverts de neige.

Ces phénomènes viennent à l'appui de notre théorie de la pluie.

Il y a, selon nous, trois catégories, bien nettes, dans la classification des précipitations atmosphériques.

La première comprend les pluies fines, bruines et brouillards humides. Les pluies de ce groupe proviennent de nuages inférieurs, cumulus ou nuages aqueux. C'est plutôt une descente des nuages cumuliformes jusqu'au sol qu'une pluie proprement dite. De fines gouttelettes, constitutives des nuages, ne sont pas de vraies gouttes d'eau.

Nous considérons la seconde catégorie de pluies comme formée de gouttes pleines, plus volumineuses, provenant de nuages supérieurs et qui alors n'est autre que de la neige fondue. Cette neige provient des nuages du type cirrus et de leurs dérivés; elle est à l'origine de toute chute de vraies gouttes d'eau.

Cette hypothèse explique parfaitement les neiges d'été.

La neige qui se détache du nuage générateur, nuage des hautes altitudes, arrive sur les hauteurs sans aucune modification, mais en descendant vers les plaines, elle trouve des couches aériennes à plus haute température. Le degré thermométrique dépassant zéro, la fusion s'opère, de sorte que la pluie tombe au sol, tandis que les sommets se recouvrent de neige.

Il en est ainsi en toute saison : toute pluie qui tombe sur la plaine n'est autre que de la neige fondue. En hiver, cette fusion de la neige n'est possible à aucune altitude et alors la neige tombe, même au niveau de la mer, si la température est assez basse.

Donc dans cette hypothèse il n'y a jamais, dans l'atmosphère, de formation de la pluie; il ne se forme que de la neige, sauf, bien entendu, les pluies fines ou bruines.

La troisième catégorie de précipitations comprend la *grêle* et la *neige grenue*. La grêle est composée de neige ou de glace compacte et dure; la neige grenue est peu résistante; la pression de la main suffit à la broyer. La formation de ces hydro-météores nous est inconnue, mais les uns et les autres proviennent des nuages supérieurs ou de leurs succédanés tous nuages glacés.

Le cirrus, sous des types variés, nous paraît donc être le grand générateur des précipitations en général.

On peut se demander quelle peut être l'origine de ces nuages.

Incontestablement le cirrus se forme dans les plus hautes altitudes : 10000^m, 12000^m ou même 15000^m.

Or nous savons, par l'expérience et les relations des aéronautes, que la vapeur d'eau à ces hauteurs, et dès 6000^m, 7000^m ou 8000^m, n'existe qu'en infinitésimales quantités et, par conséquent, les cirrus, qui ne sont que de la vapeur d'eau congelée, ne peuvent être comme quantité et comme volume, qu'en rapport avec la proportion infime de vapeur d'eau dans ces hautes altitudes. Donc, à son origine, le cirrus doit être complètement invisible et d'une extrême ténuité.

Ses cristaux ne peuvent naître que sous un volume microscopique, même si l'on supposait une brusque condensation de toute la vapeur d'eau des couches aériennes ultra-supérieures.

De cette seule considération, on doit conclure que l'extension des cristaux de cirrus ne peut se faire qu'avec une extrême lenteur. Un nuage cirriforme, visible, étendu, parfois en nappe immense, doit avoir, quand il nous est donné de l'apercevoir, une déjà longue ou très longue existence. Il est impossible, certes, de la chiffrer avec quelque certitude, mais nous pensons qu'elle peut se traduire par des jours, plutôt des semaines et peut-être des mois.

Le cirrus en épaisseur, en bancs isolés, de plusieurs centaines de mètres de hauteur, devenu nuage d'orage, le « cirro-nimbus » dans notre classification, nuage entièrement composé de glace ou de neige, dont la texture

cristalline nous est particulièrement révélée par des halos, ce nuage puissant n'a pu se former, comme le cirrus primitif dont il dérive, qu'avec une extrême lenteur. Les vrais nuages d'orage que nous apercevons, avec leurs formes caractéristiques, à « éperons », à « enclumes », à « bicornes ou bigornes », ont fort probablement des semaines et des mois d'existence. Avant de parvenir à l'état parfait, masses glacées d'un incommensurable volume, ces nuages en suspension, non encore orageux, non encore pluvieux, ont peut-être plusieurs fois accompli une rotation complète autour de la Terre, comme les autres cirrus de la succession nuageuse dont ils font partie.

La théorie que nous exposons exclut donc toute formation spontanée de nuages orageux, ainsi que les courants ascendants ou variations de température, par lesquels les orages s'expliquent dans d'autres théories météorologiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le mouvement des noyaux de variations de pression.*

Note (1) de MM. PH. SCHERESCHEWSKI et PH. WEHRLÉ, présentée par M. R. Bourgeois.

Le déplacement régulier d'un noyau de variations de pression peut se déterminer en composant ses positions sur deux cartes d'égales variations de pression, soit successives à même intervalle, soit simultanées à intervalles différents. En reportant ces déplacements sur les cartes d'isobares on remarque des relations entre la topographie isobarique et leurs directions. Nous distinguerons deux cas : celui où le gradient barométrique est nettement accusé, où par conséquent les *centres d'action* de l'atmosphère (Teisserenc de Bort) sont puissamment constitués et celui où le gradient est faible et irrégulier, situation que nous dénommerons *marais barométrique*.

I. *Gradient barométrique accusé.* — La trajectoire des noyaux est dans ce cas en relation simple avec l'allure générale des isobares, abstraction faite des sinuosités que tracent les dépressions secondaires et ces saillies anticycloniques qu'Abercomby nomme *coins*. *Les noyaux suivent la direction générale des isobares orientées de façon que la pression soit plus élevée à leur droite qu'à leur gauche.*

Cette loi a une portée très générale. Mohn avait déjà remarqué en 1868

(1) Séance du 4 novembre 1921.

que les dépressions ont tendance à circuler autour d'une aire de hautes pressions en laissant le maximum à droite. Il n'envisageait que le mouvement des dépressions et non celui des noyaux. Ainsi formulée, la remarque est insuffisante. D'abord elle ne s'applique qu'à certains types de dépressions. En outre, les dépressions sont des phénomènes isolés tandis que les noyaux forment une chaîne continue, se déroulant sans cesse. Enfin Mohn comparait la marche des dépressions à la position des anticyclones, alors que la marche des noyaux peut être commandée par une dépression, dépression qui reste souvent presque immobile, mettant ainsi en défaut la remarque de Mohn. Au contraire, les noyaux qui se meuvent autour d'elle observent bien la loi générale énoncée plus haut.

A ce propos, il est essentiel de distinguer deux types généraux de dépressions : les unes se meuvent assez régulièrement et obéissent dans une certaine mesure à la règle de marche des noyaux dont elles ne sont que la trace ; les autres, à l'ordinaire se déforment plutôt qu'elles ne se déplacent. Ce sont elles qui apparaissent sur les cartes moyennes et qui seules jouent le rôle de *centres d'action* négatifs. C'est autour d'elles que tournent des noyaux. On peut faire une distinction analogue parmi les formes des aires de hautes pressions. Le courant général des noyaux qui circulent autour d'un centre d'action positif n'est commandé que par le gros de la masse anticyclonique. Aussi, les saillies ou coins éphémères, créées précisément par le passage des noyaux positifs, ne doivent pas être considérés comme appartenant au centre d'action correspondant, relativement stable.

Les noyaux qui circulent autour des centres d'action dépressionnaires diffèrent par certains traits de ceux qui longent les anticyclones. Normalement leur période (nous appelons période le double de l'intervalle qui sépare le passage dans une même région de deux noyaux consécutifs de signes contraires) est plus courte et leur surface moindre. En général, les variations correspondant à ces noyaux dépressionnaires n'apparaissent pas nettement sur les cartes d'égales variations de pression en 24 heures parce que dans cet intervalle de temps relativement long se superposent en une même station des variations de sens contraire dont la somme est faible. Mais les variations de ce type peuvent se traduire par des tendances considérables, et leur importance est grande car elles commandent très énergiquement le temps dans nos régions.

La loi générale de marche des noyaux est particulièrement bien mise en évidence par certains dédoublements qui se produisent dans la zone où deux centres d'action positifs et négatifs jusque-là contigus se séparent :

les noyaux résultants s'écartent alors, longeant l'un la dépression, l'autre l'anticyclone.

II. *Gradient faible par marais barométrique.* — Les cas, où le gradient est faible sur de vastes espaces ont une grande importance dans nos régions car c'est à de telles situations que correspondent les périodes orageuses. Les « centres d'action » font ici défaut ou se trouvent être jetés à grande distance de la trajectoire des noyaux. Le mouvement de ces noyaux peut néanmoins avoir une direction et une vitesse bien définies et qui, sans avoir de relation évidente avec les sinuosités incohérentes des isobares au sol, n'en sont pas moins caractéristiques d'un « régime » qui dure généralement plusieurs jours. C'est ainsi par exemple que dans un type très fréquent de régime orageux, des noyaux à grande période (48 heures au moins), à vitesse faible, peu profonde et se déformant beaucoup, attaquent l'Espagne au Sud-Ouest et se déplacent vers le Nord-Est.

Il y a lieu enfin de signaler un cas intéressant où, bien qu'il existe au sol un certain relief isobarique, la règle de Mohn n'est pas applicable, mais où le mouvement des noyaux constitue encore un régime net : c'est le cas que nous nommons du « courant d'Ouest ». Il s'agit de noyaux profonds, très allongés du Nord au Sud, abordant l'Europe sur un grand front et marchant vers l'Est en traversant sans déviation un anticyclone d'altitude moyenne (cas le plus récent ; 3-4 avril 1921). Tout au plus peut-on observer qu'en plein anticyclone cette houle semble amortie, le maximum de profondeur du noyau étant excentré vers la zone de moindre pression et le faite de l'anticyclone n'étant balayé que par un prolongement faible, toutefois assez intense pour modeler énergiquement la masse anticyclonique à son passage.

III. *Notion d'un courant matériel.* — La propagation des noyaux dans la direction générale des isobares incite à un premier rapprochement entre le mouvement des noyaux et les courants d'altitude moyenne, ceux-ci étant indiqués grossièrement par la direction générale des isobares. En outre, la circulation des noyaux, rapide dans les zones de gradient serré, c'est-à-dire à vent fort, tend le plus souvent à devenir lente dans les marais barométriques, où le vent est faible. D'où une liaison possible de vitesse entre les deux phénomènes. D'ailleurs celle des noyaux reste très généralement comprise dans l'intervalle $30^{\text{km}}-70^{\text{km}}$ à l'heure, qui correspond précisément aux vitesses ordinaires du vent en altitude. En comparant le mouvement des noyaux aux cartes de sondages on peut énoncer la loi générale suivante : *Il existe toujours à une altitude comprise*

entre 1^{km} et 6^{km} un courant de vent dont la direction et la vitesse sont les mêmes que celles du déplacement des noyaux ⁽¹⁾. Cette loi est très importante en matière de prévision barométrique.

Remarquons enfin que les variations barométriques caractérisées sont presque toujours associées à des systèmes nuageux. Or ceux-ci sont véhiculés par le vent. Précisons : le vent diffère suivant l'altitude et un système nuageux comprend des nuages bas, moyens et élevés. Mais les nuages très bas ou très élevés sont des formations dont les mouvements parfois ne participent pas à celui de l'ensemble du système. Tout se passe comme si le système nuageux se reconstituait sans cesse autour du corps (nuages moyens : alto-stratus, alto-cumulus). L'ensemble se déplace dans le courant de vent à l'altitude du corps. C'est une raison pour placer le transport des noyaux de variations entre 1^{km} et 5^{km} limites d'altitude des corps.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution du massif volcanique cantalien.*

Note ⁽²⁾ de M^{lle} Y. BOISSE DE BLACK et M. PIERRE MARTY.

Nous avons démontré dans une Note précédente la pluralité des appareils volcaniques du Cantal, en insistant plus spécialement sur le mont Saporta, l'Albert Gaudry et le Griou. Il existe encore dans le Cantal d'autres volcans plus récents et basaltiques à l'étude desquels nous consacrons cette Note.

Une partie des basaltes du Cantal est issue de ses grands appareils andésitiques; d'autre part, un fort contingent du basalte qui entoure le massif est attribuable à de petits événements sporadiques complètement indépendants du dit massif. Tels sont les volcans de Pagro, de Gourdièges, du roc du Merle, et les trois necks de Bredon, de Bonnevie et de Chastel qui s'alignent sur une cassure dans le bassin de Murat.

Mais, outre les coulées issues des volcans périphériques et celles provenant des cratères centraux, il existe dans le Cantal deux points de sortie basaltiques très importants.

Au flanc nord-ouest de l'Albert Gaudry se greffe le Puy Violent, son sommet est creusé d'une dépression circulaire ouverte vers l'Ouest. De cette brèche sort la grande coulée basaltique qui forme la Planèze de

⁽¹⁾ Dans le cas de scission d'un noyau, on trouve bien en altitude deux courants divergents.

⁽²⁾ Séance du 14 novembre 1921.

Mauriac. Tournaire avait considéré le Puy Violent comme un volcan autonome. Le second de ces appareils volcaniques, que nous nommerons « volcan du Puy Gros », mérite d'être décrit avec quelques détails.

Ce volcan est inscrit dans l'angle formé par les vallées de la Cère et du Brezons qui ont légèrement entamé son enceinte externe. Il est séparé du massif du mont Saporta par un sillon d'une centaine de mètres de profondeur. C'est un volcan de type hawaïen à profil très surbaissé. Il se compose d'une double enceinte. L'externe, égaulée vers le Sud-Ouest, n'est plus représentée que par trois arcs de cercle, les érosions latérales ayant rompu la continuité de cette enceinte externe qui mesure du roc du Cayla au Puy de la Grousse 6^{km}, 500 de diamètre et dont la circonférence est de 20^{km} environ. Cet énorme volcan, méconnu jusqu'ici, possède donc un cratère externe égal à celui de l'Albert Gaudry.

Le cratère interne du volcan du Puy Gros n'est pas exactement concentrique à l'externe. Les deux cercles inscrits l'un dans l'autre sont tangents au Puy Gros. Les sortes d'*Atrio del cavallo*, qui s'interposent dans les parties libres de l'arc interne et de l'arc externe, constituent deux vallées structurales dirigées vers le Sud. Ce sont la vallée de Malbo à l'Est, d'origine glaciaire; la vallée du Goul à l'Ouest, d'origine fluviale.

Le volcan interne forme une protubérance qui domine ces dépressions d'environ 200^m. C'est un cône très surbaissé, mais très régulier, entourant un cratère circulaire dont le diamètre est de 2200^m, la profondeur de 500^m. L'ouverture de l'égouttement est de 1200^m. Le fond circulaire du cratère est surcreusé en ellipse par le Siniq qui le draine. Ce cratère a servi de réservoir névén à la vallée du Siniq qui a été occupée par un glacier de type alpin décrit par M. Boule. Ce glacier mindélien se soudait à son extrémité inférieure aux glaciers de plateau issus des pentes externes du volcan, le tout ayant produit un piedmont-glacier.

Le volcan externe du Puy Gros est formé exclusivement de roches vives, de basalte compact à texture nettement cristalline dont Fouqué a donné la description pétrographique. Le cône terminal du volcan interne est au contraire entièrement formé de produits de projections rubéfiés, tufs, scories, bombes alternant avec des basaltes bulleux et scoriacés. L'intérieur du cratère est d'un accès difficile à cause de la raideur des parois et des forêts qui les masquent; nous n'avons donc pas la prétention d'en donner une coupe complète. Certaines des roches qui affleurent dans ledit cratère dépendent du soubassement du mont Saporta à travers lequel s'est fait jour le volcan du Puy Gros. Proviennent exclusivement de ce dernier, ses tufs basaltiques, ses basaltes et deux autres sortes de roches. La première forme

directement sous le basalte une coulée épaisse de 50^m, longue de 2^{km} entre le Puy-de-Bane et la Francio. C'est une roche augitique, à olivine aux deux temps, mais à microlites d'andésine. Elle n'a été signalée nulle part ailleurs dans le Cantal, sauf sur ce point où l'un de nous l'a découverte. La seconde est un basalte semi-ophitique très abondant dans l'erratique du plateau de Pailherols sur les pentes externes du cône dont elle provient nécessairement.

Le volcan du Puy Gros a donc émis en propre de bas en haut : des basaltes demi-deuil, des andésites à olivine et des basaltes francs. Audessous des deux premières de ces roches, nous avons observé dans le cratère deux coulées d'andésite, l'inférieure, augitique, alternant avec des conglomérats et des cinérites. Dans les alluvions du Siniq issu de ce cratère nous avons recueilli des trachytes très acides et des phonolithes dont certains à hauyne. Mais ces dernières roches sont indépendantes au point de vue génétique du volcan du Puy Gros et appartiennent au volcan mio-pliocène du mont Saporta.

C'est vers le Sud que s'est épanchée la grande masse des laves provenant du volcan du Puy Gros. Certaines de ces coulées s'étendent sur 35^{km} de long et leur ensemble a recouvert une pénéplaine gūnzienne de 600^{km²} de superficie.

En résumé, le massif volcanique du Cantal est composé de cinq volcans principaux. Le mont Saporta d'âge mio-pliocène, composé de trachy-phonolithes, de conglomérat andésitique, d'andésites et de basalte; l'Albert Gaudry presque exclusivement pliocène, formé de projections andésitiques de basalte porphyroïde, d'andésite et de basalte; le Griou, pliocène et entièrement phonolithique; le Puy Violent exclusivement pliocène et probablement complètement basaltique; enfin le Puy Gros, qui a émis des basaltes demi-deuil, des andésites à olivine et des basaltes francs, est aussi exclusivement pliocène.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transformation, par oxydation, en pigment rouge, des chromogènes de quelques plantes.* Note (¹) de M. ST. JONESCO, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai démontré dans une Note précédente (²) que le mode de formation de l'anthocyane chez les fleurs de *Cobæa scandens* n'est pas un cas particulier

(¹) Séance du 14 novembre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 850.

comme on l'avait cru. L'existence indiscutable des glucosides préexistants, que j'ai mise en évidence, et la présence simultanée d'un pigment jaunâtre dans les fleurs non colorées sont des indications que le cas du *Cobæa scandens* ne se présente pas comme exceptionnel, mais rentre dans les phénomènes généraux du rougissement des plantes.

Je m'occupe dans la présente Note de la transformation, par oxydation, du chromogène des fleurs non colorées de cette plante en un pigment *rouge violacé*. J'ajoute à cet exemple ceux d'un *chromogène jaune* des plantules étiolées de « Blé de Bordeaux », d'un *pigment jaunâtre* des feuilles vertes d'*Ampelopsis hederacea* et enfin d'un *extrait acide jaune* des feuilles vertes de la même plante.

Les pigments jaunes de *Cobæa* et de Blé étiolé ont été obtenus d'après la méthode que j'ai employée pour la préparation des anthocyanidines à l'état libre; le pigment jaunâtre d'*Ampelopsis* a été obtenu en agitant plusieurs fois l'extrait acide de feuilles vertes avec de l'alcool amylique, où ce pigment passe très facilement.

On sait déjà que des fleurs non colorées introduites dans des acides étendus deviennent rouges. Karzel ⁽¹⁾, Schnetzler ⁽²⁾ et dernièrement M. Kurt Noack ⁽³⁾ ont fait des expériences dans ce sens. Ce dernier auteur a pratiqué des coupes dans les fleurs non colorées de *Cobæa scandens*, qu'il a traitées par l'acide sulfurique étendu. Il a constaté alors que les cellules épidermiques de la face intérieure de la fleur, qui sont colorées en jaune, prennent une teinte légèrement rouge, tandis que les cellules vertes de la face extérieure ne changent pas de couleur. Par l'alcool amylique, il a retiré un pigment jaunâtre d'un extrait des fleurs non colorées de la même plante, et ce pigment n'a pu être transformé en pigment rouge, ni par simple chauffage avec de l'acide chlorhydrique, ni par réduction suivie de chauffage.

I. Après l'extraction du pigment de *Cobæa* et du pigment jaune de Blé étiolé qui présente les mêmes caractères que le premier, j'ai répété les essais de M. Kurt Noack et je n'ai pas obtenu plus de résultat que lui. Les deux pigments restent indifférents au traitement, sauf un renforcement de la couleur jaune par chauffage avec de l'acide chlorhydrique dilué.

Au contraire, je suis arrivé à des résultats tout à fait concluants en

(1) KARZEL, *Österr. bot. Ztg.*, t. 56, 1906, p. 348.

(2) SCHNETZLER, *Les Mondes*, t. 53, 1880; *Rel. Bot. Centralbl.*, t. 5, 1881, p. 103.

(3) KURT NOACK, *Zeitschrift f. Botanik*, Heft 10, 1918.

employant la méthode d'oxydation appliquée par M. Kozłowski ⁽¹⁾ pour transformer un chromogène incolore de « Betterave blanche à sucre » en un pigment rouge et violet. Le pigment de *Cobæa* et de Blé, dissous dans l'alcool amylique, a été oxydé par l'action de l'acide sulfurique et du bioxyde de manganèse à une température de 50° à 60°. On peut suivre par cette méthode tous les degrés d'oxydation que le pigment subit pendant sa transformation. La couleur devient successivement jaune foncé, brune, rouge, rouge foncé. Quand l'oxydation est finie, on laisse le pigment se refroidir pour pouvoir l'isoler. Dans un tube à essai on prend une petite quantité du mélange d'acide sulfurique et du pigment; on y ajoute de l'acide acétique en excès et l'on agite avec soin de façon que le pigment passe progressivement dans l'acide acétique. On voit alors que cet acide prend une teinte *rouge violacé* avec le pigment des fleurs non colorées de *Cobæa scandens* et une teinte *rouge violet* avec celui du Blé étioilé. Le pigment, traité par les alcalis, prend une coloration jaune, mais en ajoutant de l'acide chlorhydrique la coloration rouge réapparaît.

Ce pigment passe aussi dans l'alcool amylique où il garde longtemps sa coloration rouge violacé ou violet si l'on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré.

II. Le cas de l'*Ampelopsis* présente une particularité tout à fait intéressante.

1° *L'extrait acide*, après avoir été bien lavé par l'alcool amylique pour extraire le pigment jaune, a été soumis à la réduction par l'amalgame de sodium, et alors il ne change pas de couleur. Au contraire, si on l'oxyde, il se transforme en un pigment *rouge* qui a la plus grande ressemblance avec celui que l'on extrait de mêmes plantes rouges par l'acide sulfurique à 7 pour 100.

2° *Le pigment jaune* obtenu dans l'alcool amylique a été lui aussi, oxydé, et il s'est transformé également en un *pigment rouge caractéristique*.

D'autre part, chauffé simplement avec de l'acide chlorhydrique à 20 pour 100 pendant 15 à 20 minutes, il prend *une belle coloration rouge cerise très intense*. Au contraire, soumis à la réduction par l'amalgame de sodium et acidifié par l'acide chlorhydrique il ne se colore en aucune façon. Si, par filtration, on les sépare des produits résultant de la décomposition complète de l'amalgame, et si on le chauffe, il prend la même coloration que celui

(1) A. KOZŁOWSKI, *Formation du pigment rouge de Beta vulgaris par oxydation des chromogènes* (Comptes rendus, t. 173, 1921, p. 855).

qui est traité directement par l'acide chlorhydrique. M. Kurt Noack ne s'était pas occupé de l'action oxydante, mais par le traitement à l'acide chlorhydrique et pour la réduction, il avait obtenu, le premier, ces résultats que j'ai vérifiés. Par conséquent, ce n'est pas le phénomène de réduction qui provoque la coloration du pigment, mais seulement l'action de l'acide chlorhydrique. Cette action de l'acide chlorhydrique est déjà connue dans la transformation des pseudo-bases. Ces dernières proviennent d'anthocyanidines rouges par isomérisation et changement de couleur. L'acide chlorhydrique redonne cette coloration initiale.

Si plusieurs auteurs ont cru pouvoir affirmer que la transformation de quelques pigments jaune brunâtre en un pigment rouge avait pour causes des phénomènes de réduction, c'est qu'après l'action de l'amalgame de sodium, ils ont chauffé la solution qui contenait de l'acide chlorhydrique, et alors ils ont attribué aux phénomènes de réduction ce qui en réalité était dû exclusivement à l'action de cet acide. La preuve en est que ce simple chauffage, sans réduction préalable, produit la coloration rouge de ceux de ces pigments jaunâtres susceptibles d'éprouver un tel changement de couleur.

En résumé, *il résulte de nombreuses observations antérieures, des expériences de M. Kozłowski et des miennes, que l'apparition du pigment rouge chez les plantes est dû, non à des réductions, mais au contraire, à des phénomènes d'oxydation.*

BOTANIQUE. — *Le problème du géotropisme.* Note de M. H. RICHOME,
présentée par M. Gaston Bonnier.

La cause du géotropisme est le poids, le poids des constituants de la région considérée et le poids mort soutenu par elle. L'agent de la pesanteur est l'eau. Grâce à sa mobilité et surtout à son renouvellement, l'eau transforme la chute en tropisme. La réaction tropique est des plus variée parce qu'elle dépend de la structure de la plante et qu'elle change avec toute modification de cette structure, notamment et surtout avec la quantité d'eau.

Ne pouvant connaître toutes les raisons qui donnent à telle plante tel mode de végétation, force est de s'en tenir aux faits accessibles. Ils sont d'ailleurs suffisamment probants. Nous avons établi que la réaction tropique variait avec l'état de la cellule (division, élongation, état osmotique)

et que cette réaction était totale, limitée ou nulle suivant que l'organe disposait de plus ou moins d'eau. Ces deux points admis, le problème se présente sous un jour nouveau.

L'intervention d'un organe d'orientation est une conception non seulement inexacte, mais même inadmissible. Une cellule ou un ensemble de cellules dont la turgescence varie sous les influences les plus diverses doit nécessairement changer son orientation chaque fois qu'il y a déformation. Un organe d'orientation ne pourrait avoir pour rôle que d'entraver cette réaction et d'en déterminer une autre. Or il suffit de tenir compte de la constitution générale et de l'état particulier des cellules, surtout de l'état d'hydratation, pour voir que les réactions constatées cadrent avec les prévisions déduites des phénomènes de turgescence.

La croissance s'effectue par l'intermédiaire de la turgescence. L'intensité maximum *possible* de la turgescence est fixée par le nombre de molécules dissoutes. Mais pour un même nombre de molécules dissoutes, l'intensité *réelle* de la turgescence varie de 0 à ce maximum suivant la quantité d'eau. Or, d'une part, la forme des cellules change avec l'orientation, sans que au début le volume change à cause de la quasi-incompressibilité de l'eau. Donc la turgescence varie avec l'orientation. Or, d'autre part, le volume des cellules change avec la quantité d'eau, avec ou sans changement de forme. Donc la turgescence varie avec le régime d'hydratation (sauf dans le cas exceptionnel où le changement de forme compense le changement de volume).

Appliquons d'abord ceci au changement d'orientation. Là où le rapport de la surface au volume diminue (cellules comprimées), la turgescence diminue. Là où il augmente (cellules étirées), la turgescence augmente. Les membranes cellulaires sont les unes en état de détente (cellules comprimées), les autres en état d'extension (cellules étirées); leur élasticité tend à leur faire reprendre leur état primitif. L'eau, en se renouvelant, se répartit conformément à ces conditions nouvelles. Voici un exemple choisi parmi les plus nets. Un rameau que l'on couche, fléchit sous le poids. Le poids est soutenu par la résistance des membranes aidée de l'incompressibilité de l'eau (effet-poids). Mais les conditions susmentionnées font affluer l'eau vers le bas (fait constaté dans toutes nos expériences). L'organe reprend plus ou moins sa forme primitive, en dehors de tout phénomène de croissance, soutenu alors par la turgescence des cellules, au moins de certaines cellules (effet-réplétion). Dès lors, si dans cette position nouvelle la croissance se continue ou reprend, elle est nécessairement inégale, tant que

le conflit entre la turgescence de chaque cellule et la pression extérieure qu'elle subit ne donne pas, pour l'ensemble des cellules, une résultante de croissance dirigée suivant l'axe de l'organe (effet-tropisme).

Quel que soit le processus inconnu de la croissance, les principes de la Mécanique conduisent à cette conclusion : pour un organe fixé seulement en l'un de ses points et disposant d'une quantité d'eau mobilisable déterminée, il n'est, sous l'effet de la pesanteur, qu'une seule position d'équilibre mécanique stable de croissance. Cette position n'est autre que la direction définitive de l'organe. Dans toute autre position, la croissance est inégale et par suite curviligne. On comprend ainsi qu'un rameau déplacé s'incurve jusqu'à revenir à son orientation primitive.

Passons au régime d'hydratation. L'orientation d'un organe par la pesanteur dépend avant tout de sa constitution. Il ne peut de lui-même modifier son orientation sous l'influence d'un changement de régime qu'entre deux limites extrêmes correspondant l'une à une quantité d'eau maximum, l'autre à une quantité minimum. A cette dernière dose, toute l'eau est retenue par les forces moléculaires ; la pesanteur est privée de son moyen d'action tropique, l'eau, et l'organe est indifférent. Au-dessous de cette dose commence la flétrissure. Alors l'effet-tropisme et l'effet-réplétion n'existent plus, seul subsiste l'effet-poids.

Le changement de régime, modifiant le volume des cellules, les déforme à cause de leur hétérogénéité, à cause de leurs relations avec les voisines, et les déforme inégalement. Dès lors, les conclusions énoncées pour le changement d'orientation sont applicables. On comprend qu'un changement de régime provoque un changement d'orientation par incurvation, que le long d'un axe chaque région ait une orientation propre, ce qui rend la croissance curviligne avec décurvation.

La nuit, la quantité d'eau augmente de plus en plus, mais la quantité de principes dissous diminue aussi de plus en plus. Le jour, le contraire se produit. Ces variations inverses des deux facteurs, d'où résulte l'intensité de la turgescence, se compensent dans une mesure suffisante pour que, ordinairement, le changement d'orientation journalier soit peu apparent. Expérimentalement, on peut l'accentuer beaucoup.

Ce qui, jusqu'à maintenant, empêchait d'envisager l'action de la pesanteur sous le jour où nous la présentons, c'est la variété des manifestations géotropiques et leur allure contradictoire. Les raisons de cette variabilité sont la constitution et l'état des cellules, surtout l'état d'hydratation.

Le problème se trouve ramené à ceci : élucider les conditions qui font

qu'une cellule se divise ou ne se divise pas, s'accroît ou ne s'accroît pas. Une fois ceci établi, le problème du géotropisme sera résolu, parce qu'on pourra en déduire les conditions mécaniques internes.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude de la gélification de la membrane lignifiée chez le Châtaignier*. Note de MM. R. MORQUER et J. DUPRENOY, présentée par M. Gaston Bonnier.

Observations macroscopiques. — Chez un assez grand nombre de Châtaigniers atteints par la maladie de « l'Encre », nous avons observé un brunissement local du bois dans la racine ainsi qu'à la base du tronc, à quelques centimètres à l'intérieur des tissus; le bois périphérique demeurait généralement blanc. Ces colorations observées sur des tissus ne présentant pas trace de nécrose, ont persisté même après exposition à l'air pendant plusieurs jours, sur des échantillons détachés de l'arbre.

Nous avons observé, sur la route de Saint-Jean-de-Luz aux Espelettes, un Châtaignier malade de « l'Encre », seul vestige d'une antique châtaigneraie; il était abrité sur une pente où d'autres Châtaigniers, exposés à une insolation plus forte, avaient péri (détail à rapprocher de la survie plusieurs fois constatée des Châtaigniers exposés au Nord ou situés à l'ombre d'autres arbres : cette résistance est d'ailleurs relative, car ces Châtaigniers finissent par périr après quelques années).

L'exemplaire de bois, emprunté à la racine de cet arbre, appartenait à un bois malade :

1° Parce qu'il provenait d'une racine correspondant à des rameaux ne présentant plus que quelques feuilles courtes et chlorotiques ou déjà jaunies;

2° Parce que les extrémités radiculaires portaient un feutrage de mycélium blanc visible à l'œil nu.

La racine ne portait pas trace de nécrose dans la région d'où nous avons extrait l'échantillon considéré.

Une coupe transversale pratiquée dans cet organe montrait une écorce intacte, un bois périphérique blanc passant sans transition à un bois plus interne de couleur brune.

Observations microscopiques. — L'étude microchimique de coupes pratiquées :

a. Dans les régions blanches du bois;

b. Dans les régions brunies;

Enfin dans la limite de ces deux régions, nous a fourni les résultats suivants :

Dans aucune de ces coupes nous n'avons observé de mycélium, de bactéries ou de nécroses.

a. Les régions blanches du bois ont été soumises à l'action des réactifs de la lignine : les membranes se sont faiblement colorées en rose très pâle par la phloroglucine chlorhydrique, en jaune très pâle par le chlorhydrate de benzidine (colorant introduit par Mangin), en rose à peine teinté par le réactif de Maule; ces mêmes membranes ne fournissaient pas la réaction de Combes (acétate de plomb ou de zinc, sulfuration et traitement par l'acide sulfurique concentré).

Certaines portions des coupes traitées par les méthodes précisées n'offraient même que des résultats négatifs, mais immergées au préalable dans une solution alcoolique concentrée de potasse, elles ont fourni une coloration violet bleu sous l'action de la benzoazurine en solution aqueuse qui accusait la seule présence de la cellulose.

b. Les régions brunies du bois de Châtaignier différaient notablement des précédentes par leur réaction.

Les membranes étaient très peu colorées, comme dans le premier cas, par les réactifs de la lignine, mais certaines portions des coupes, irrégulièrement réparties, donnaient ces colorations avec un peu plus de netteté.

Dans les parties brunies, la lumière des cellules était remplie par une substance hyaline d'apparence analogue à celle des thylls gommeuses; cette substance présentait les réactions de la lignine avec une grande intensité :

Rouge cerise pour la phloroglucine chlorhydrique;

Jaune orangé par le chlorure de benzidine;

Jaune paille par le sulfate d'aniline;

Rose par le réactif de Maule;

Rose par le réactif de Combes.

Ainsi les deux derniers réactifs colorent avec moins d'intensité la substance hyaline qu'ils ne teintent en général le bois sain.

Dans les mêmes tissus, les thylls sont assez abondantes dans quelques-uns des gros vaisseaux du bois et produisent quoique très faiblement (avec beaucoup moins d'intensité que les membranes) les réactions de la lignine. Il arrive même assez fréquemment que les membranes aient perdu complètement, en certains points isolés, le pouvoir de donner les réactions de la lignine, tandis que la substance hyaline intracellulaire se colore avec beau-

coup d'intensité, surtout sous l'action de la phloroglucine chlorhydrique.

La substance lignifiante peut donc abandonner complètement la membrane qui la renfermait primitivement et apparaître dans les substances provenant de la gélification de tout ou partie de cette membrane.

L'examen des préparations fait supposer que la lignine est absorbée par les substances gélifiées accumulées dans la cavité cellulaire.

Il existe des cas extrêmes où toute membrane cellulaire ayant disparu, la substance, provenant de sa gélification, occupe la lacune ainsi constituée et continue à présenter les caractères de la lignine.

Nous avons pu obtenir, après traitement par une solution alcaline, une double coloration de la zone limite du bois blanc et du bois bruni : la benzoazurine a coloré en bleu violet, dans la zone blanche, les membranes ayant perdu toutes traces de lignine; tandis que, dans la zone brunie, le chlorure de benzidine colorait en jaune les régions qui en renfermaient encore.

La potasse en solution alcoolique concentrée ne peut enlever à la gelée intracellulaire le principe lignifiant.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action corrosive des racines sur le marbre.*

Note de M. E. CHEMIN, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les traités de Physiologie végétale, même les ouvrages élémentaires destinés aux élèves des écoles, consacrent un paragraphe à la digestion des sels insolubles par la racine. Cette notion fut introduite dans la science par Sachs ⁽¹⁾; des racines se développant sur du marbre blanc, de la dolomie blanche, de la magnésite blanche, de l'ostéolithe, tous corps parfaitement polis, laissaient leur trace sous forme de lignes de corrosion nettement marquées, rugueuses, mais très peu profondes; si le poli était insuffisant, comme avec l'ostéolithe, les lignes ne devenaient visibles qu'en inclinant la plaque vers la lumière. Depuis, divers auteurs ont recherché la nature des acides excrétés. A l'action de l'acide carbonique admise par tous, s'ajoute l'action de diverses substances acides : pour Detmer ⁽²⁾, ce sont des acides organiques et même de l'acide chlorhydrique : pour Czapek ⁽³⁾, ce sont les acides acétique, propionique, butyrique et le phosphate acide de potassium;

(1) SACHS, *Handbuch der Experimental Physiologie der Pflanzen*, Leipzig, 1865.

(2) W. DETMER, *Physiologie végétale*, 1890.

(3) CZAPEK, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1896.

pour Coupin (1) l'acidité pourrait être due à l'acide malique. Ce dernier auteur, déjà peu affirmatif quant à la nature de l'acide, ajoute : « Je croirais volontiers que les corrosions si souvent décrites, d'une manière peut-être exagérée..., sont plutôt dues aux crevasses superficielles de l'écorce, produisant un liquide acide, qu'à l'excrétion naturelle de ce liquide, laquelle est presque toujours d'intensité très faible. »

J'ai repris les expériences de Sachs. Trois plaques de marbre blanc parfaitement poli ont été placées au fond de trois cuvettes et recouvertes de quelques centimètres de sable fin où furent introduites des graines en germination (haricots, pois et graines de sarrasin). Au bout de 10 jours, les parties aériennes ayant de 10^{cm} à 15^{cm} de hauteur, les germinations furent déterrées; les racines rampaient à la surface du marbre et débordaient sur les côtés. Dans les trois cas, les racines avaient marqué leur place sur le marbre. Les traces laissées sont insensibles à l'ongle; par réflexion, et sous une incidence appropriée, elles apparaissent comme des lignes brunâtres que le mouillage de la plaque fait disparaître et qui reparaissent par séchage. La corrosion est donc très faible. Il me paraît difficile de l'attribuer au suc cellulaire, comme le veut Coupin, car une croissance lente, continue sur une surface polie, ne peut provoquer ni froissements ni déchirures; et, s'il y a aplatissement apparent de la racine dans la région de contact, cela tient à ce que les poils absorbants n'ont pu s'y développer et non à la rupture de poils préalablement formés. D'ailleurs la corrosion s'observe déjà au voisinage de l'extrémité, là où les poils absorbants ne sont pas encore développés.

Pour déterminer, si possible, la nature des acides agissants, j'ai remplacé les racines par un fil de coton formé de plusieurs brins lâchement tressés, parfaitement lavé, et imprégné de diverses solutions acides très diluées. A cet effet, une des extrémités plongeait dans un godet contenant la solution, puis, passant par-dessus bord, le fil s'étalait sur la plaque de marbre placée à un niveau légèrement inférieur à celui du liquide.

Tous les acides employés (acides chlorhydrique, formique, acétique, malique, tartrique, citrique, oxalique) à des titres acidimétriques variant de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{500}$ ont laissé, en quelques heures, une trace très nette avec rugosité sensible à l'ongle. De l'eau de Seltz, parfaitement neutre à l'hélianthine, et, par conséquent, exempte de tout acide autre que CO², donne, au bout de 24 heures, une trace souvent plus apparente que la trace laissée par des racines. Le gaz carbonique, émis normalement dans la respiration, peut

(1) H. COUPIN, *Sur l'excrétion acide des racines* (Comptes rendus, t. 165, 1917, p. 564).

donc produire sur le marbre les figures de corrosion déterminées par les racines.

D'autres acides ne viendraient-ils pas ajouter leur action à celle de CO_2 ? En faisant développer des haricots, des pois, des grains de sarrasin dans de la gélose à 1 pour 100 teintée par du tournesol bleu, suivant la méthode indiquée par Coupin, on obtient, au bout de quelques jours, une teinte rouge vineux dans toute la masse. Cette expérience n'est pas concluante, car le tournesol est sensible à l'acide carbonique et il suffit de verser quelques gouttes d'une solution de cet acide sur de la gélose teintée en bleu pour obtenir un changement de coloration. C'est à l'hélianthine, insensible à l'acide carbonique, qu'il convient de s'adresser. De la gélose à 1 pour 100, teintée en jaune par de l'hélianthine, fut répartie en quatre tubes; un haricot en germination fut placé dans le premier, un pois dans le second, trois grains de sarrasin dans le troisième, le quatrième servait de tube témoin. Au bout de huit jours, les racines principales de haricot et de pois avaient de 4^{cm} à 5^{cm} de longueur et présentaient de nombreuses radicelles, les racines de sarrasin étaient également abondantes. Aucun changement de teinte ne put être observé. Pour s'assurer que l'hélianthine n'avait pas été altérée lors de la préparation à chaud de la masse de gélose, les plantes furent enlevées et quelques gouttes de solution très étendues d'acides malique, oxalique et tartrique furent versées dans chacun des tubes. Dans tous les cas la coloration rouge apparut et s'étendit peu à peu à toute la masse.

De ces expériences il est permis de conclure, pour les plantes étudiées tout au moins, *que les racines n'excrètent, d'une manière sensible, aucun autre acide que l'acide carbonique, et que cette excrétion est suffisante pour expliquer la corrosion du marbre.* Les bicarbonates, résultant de l'action de CO_2 sur le calcaire, dissous dans l'eau, sont vraisemblablement absorbés par la plante. Mais ces réactions et ces échanges peuvent être provoqués par du gaz carbonique de toute autre origine; parce qu'il est émis par les racines on ne peut le considérer comme un suc digestif, ni attribuer à la racine un pouvoir de digestion.

PHYSIOLOGIE. — *La protection contre les vibrations sonores.*

Note de M. MARAGE, présentée par M. d'Arsonval.

Le problème à résoudre comporte deux solutions suivant que l'on emploie comme appareil récepteur l'oreille ou un instrument de physique; aujourd'hui nous ne nous occuperons que de la première solution.

Cette Note est divisée en deux paragraphes :

1° L'oreille, considérée comme récepteur.

2° La protection de ce récepteur par trois procédés : A, des corps isolants ; B, la modification de la source sonore ; C, la modification du récepteur.

I. L'OREILLE CONSIDÉRÉE COMME RÉCEPTEUR. — L'oreille est un récepteur très sensible, mais cette sensibilité varie avec la hauteur et le timbre des vibrations transmises.

Pour comprendre ce que je vais dire, il faut se rappeler que l'organe auditif doit être considéré comme formé de deux parties : *a*, la transmission mécanique ; *b*, la réception nerveuse.

a. La transmission mécanique se fait par le tympan et la chaîne des osselets qui conduit le son au liquide de l'oreille interne en diminuant de $\frac{1}{4}$ environ l'amplitude des déplacements du tympan ; ces déplacements sont, au plus, de l'ordre de grandeur d'une fraction de micron.

b. La réception nerveuse se fait par le nerf auditif dont l'extrémité distale plonge dans l'endolymphe de l'oreille interne, et l'extrémité proximale arrive aux cellules nerveuses des différents centres de l'encéphale.

Les faits d'observation bien démontrés aujourd'hui sont les suivants :

a. L'oreille est beaucoup plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves, aux sons faux qu'aux sons justes.

b. L'oreille n'est pas un instrument inerte comme un appareil récepteur quelconque qui renforcerait certains sons ; elle écoute et interprète par le cerveau, et chaque cerveau écoute et interprète à sa façon, ce qui explique les divergences entre les critiques musicaux.

II. LA PROTECTION DE L'OREILLE. — Voici les résultats auxquels je suis arrivé :

A. Il s'agit d'empêcher les vibrations extérieures de pénétrer dans une pièce.

a. Vibrations transmises par l'air. — Les doubles fenêtres, les carreaux très épais, doubles ou triples, les murs revêtus de liège aggloméré d'une épaisseur de 15^{cm} sont absolument insuffisants.

Le seul moyen d'obtenir un résultat est de faire une seconde chambre dans la première, dont les murs en substance absorbante soient au moins à 30^{cm} des murs extérieurs. Le résultat sera d'autant plus satisfaisant que cet espace intermural sera plus grand.

b. Vibrations transmises par le sol et les murs. — Il est presque impossible de s'en isoler.

Dans un cas pour un hôtel situé près d'une station de métropolitain on a

obtenu un résultat satisfaisant en creusant entre le souterrain et l'immeuble une tranchée très profonde que l'on a ensuite remplie de sable de rivière; ce procédé n'est pas à la portée de tout le monde.

Mais je n'ai jamais pu isoler complètement les vibrations d'un piano qui sont transmises surtout par les parties solides d'un immeuble. On isole très bien les petits moteurs électriques et les machines à écrire ou à coudre en les plaçant sur une surface cannée avec du jonc comme le siège de certaines chaises.

B. MODIFICATION DE LA SOURCE SONORE. — Rien ne serait plus facile que de faire disparaître les bruits fatigants causés par les véhicules hippo ou automobiles : hippomobiles, en supprimant les grelots qui s'entendent surtout la nuit; automobiles, en supprimant les trompes qui sont, non seulement inutiles, mais nuisibles.

Elles sont inutiles, car les sourds ne sont pas plus souvent écrasés que les entendants.

Elles sont nuisibles, car le chauffeur croise les rues à 30^{km} à l'heure lorsqu'il a respecté le règlement en cornant à l'avance, et c'est pur hasard s'il n'y a pas de collision.

Si l'on tient, cependant à conserver les trompes d'auto, il faut leur faire donner un son grave et supprimer les harmoniques aigus soit en enlevant le pavillon, soit en le construisant avec des métaux non vibrants, plomb ou aluminium, soit enfin en le formant de plusieurs secteurs soudés ensemble comme, sur mon conseil, on a modifié jadis les pavillons des phonographes.

Enfin, pour les tramways, les timbres devraient donner une note musicale déterminée, l'accord parfait majeur, par exemple.

C. MODIFICATION DE L'OREILLE. — Si l'on bouche complètement le conduit auditif, on entend la circulation artérielle et ce bruit devient plus gênant que les bruits extérieurs; de plus, beaucoup de sons restent transmis par les os du crâne.

Donc cette sorte d'isolement est fatigante et incomplète.

Je me sers d'une autre méthode qui m'a donné de bons résultats et qui est fondée sur un principe tout à fait différent.

Supposons un bruit continu : machine à coudre, à écrire ou moteur se produisant dans une pièce voisine et impossible à isoler ou à modifier.

Ce bruit devient gênant quand on l'écoute; une fois cette habitude prise, il est impossible de s'en défaire, on dirait que l'oreille est accordée avec cette vibration étrangère.

C'est ce qui se produit pour les sujets qui ont des bourdonnements : ils écoutent leurs bourdonnements et n'écoutent plus les conversations.

Nous nous trouvons alors en présence d'un cas pathologique. Or, de même qu'on peut souvent faire disparaître certains bourdonnements en soumettant l'oreille à des vibrations spéciales, on arrive à supprimer l'action de la vibration étrangère en produisant dans la pièce où se trouve l'oreille une vibration nouvelle, d'intensité un peu supérieure, mais de timbre différent. Pour obtenir ce résultat, il suffit de mettre en marche un petit moteur électrique dont on modifie la hauteur de la note avec un rhéostat, et le timbre en le plaçant sur des boîtes en bois ou en métal. Très vite on obtient un son agréable à l'oreille, et le son gênant n'est plus entendu.

Conclusions. — 1° L'oreille est sensible aux sons aigus et aux sons faux; elle l'est beaucoup moins aux sons graves.

2° Les vibrations sont aussi gênantes pour le système nerveux que les microbes pour la santé générale.

3° Pour protéger l'oreille il faut, ou arrêter les vibrations transmises par l'air et par le sol, ou modifier la source sonore, ce qui, dans les villes, serait facile à obtenir, ou modifier le récepteur oreille, en l'empêchant d'écouter les vibrations désagréables.

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction en aquarium d'un Poisson du Brésil l'Acara tetramerus Heckel.* Note (1) de M. JACQUES PELLEGRIN, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'élevage des Poissons d'ornement exotiques, conservés en aquarium, très en honneur à l'étranger et qui commence à compter maintenant en France un certain nombre d'adeptes, permet souvent des constatations intéressantes sur la biologie et la reproduction de bon nombre d'espèces tropicales, aux mœurs curieuses ou peu connues (2).

Une des familles les plus intéressantes à tous égards est celle des Cichlidés, Poissons percoides répandus dans les eaux douces de l'Amérique centrale et méridionale, de l'Afrique et de l'Inde. Les observations consignées ici, faites à la Ménagerie des Reptiles du Muséum, concernent une espèce de ce groupe, d'origine brésilienne, l'*Acara tetramerus* Heckel.

Cinq spécimens d'une longueur de 12^{cm} environ furent acquis le 9 juin 1920; il s'agissait d'adultes importés d'Allemagne avant la guerre et par conséquent âgés de plus de 6 ans. Ces Poissons furent placés dans un bac de 95^{cm} de long, sur 45^{cm} de

(1) Séance du 14 novembre 1921.

(2) Cf. J. PELLEGRIN, *La pisciculture ornementale* (Bull. Soc. Aquic., 1913, p. 113).

haut et autant de large, garni de plantes vertes et d'un fond de sable, sans chauffage spécial, ni appareil d'aération.

Vers le milieu de juillet 1920, je pus constater une première ponte; les œufs, au nombre de 150 environ et gros comme une tête d'épingle, sont collés à la glace dans un angle du bac. L'éclosion a lieu le 18 juillet. Les petits alevins entraînés par une vésicule ombilicale énorme tombent sur le fond. Le père et la mère ne quittent pas le coin de l'aquarium où s'est effectuée la ponte. Le lendemain ils cherchent les alevins dans le sable, les prennent dans leur bouche, puis les rejettent, s'efforçant de les réunir. Pendant la nuit suivante, tous les alevins ont été transportés par les parents dans une sorte de nid en forme d'entonnoir, d'une dizaine de centimètres de diamètre et creusé par eux dans le sable. Le couple reste au-dessus des jeunes ou dans leur voisinage, le mâle tenant en respect les trois autres Poissons de l'aquarium qui font mine de s'approcher, ce que voyant on retire ces derniers. A deux reprises, pendant la nuit, le 22 et le 23 juillet, les Acaras déplacent leur nichée, édifiant leur nid dans une partie plus reculée de l'aquarium et éloignée du public. Malheureusement, dans la nuit du 5 au 6 août, soit une vingtaine de jours après l'éclosion, presque tous les petits disparaissent, vraisemblablement dévorés par leurs parents qui ont cessé, pourrait-on dire, de les reconnaître quand, quittant le fond, ils se sont mis à nager librement dans l'eau.

En 1921, l'été particulièrement chaud est tout à fait favorable à la reproduction des Poissons exotiques. Aussi, dès le 1^{er} juillet, voit-on le même couple que l'année dernière nettoyer le fond de l'aquarium et repousser tous les détritiques dans un des coins. La ponte a lieu le 2 juillet, cette fois directement dans un nid, creusé encore dans un angle, face au public. Les œufs sont au nombre de 300 environ. Le mâle et la femelle se tiennent au-dessus, agitant sans cesse leurs nageoires pectorales pour établir un courant d'eau. L'éclosion se produit le 6 juillet. Les parents surveillent toujours le nid. Le développement des alevins, favorisé par la température très élevée, est fort rapide. Le 8, le nid est déplacé avec tout son contenu et caché derrière une touffe de plantes. Si quelques alevins s'écartent, les parents les prennent dans leur gueule et les ramènent au nid. Le 9, comme un certain nombre de petits cherchent à s'élever au-dessus du fond, on retire les parents qu'on place dans un autre aquarium. Les jeunes poursuivent leur développement normalement et le 13, ayant résorbé leur vésicule, ils nagent en bande dans l'aquarium. Au bout d'une semaine, ils se séparent, se dispersant à la poursuite de petites proies (Daphnies, etc.). Dès le 25, on constate parmi eux des différences de taille sensibles, certains mesurant 7^{mm}, d'autres 10^{mm}. A la fin du mois, quelques-uns sont déjà deux fois plus longs que leurs congénères.

Quant aux parents, séparés de leur première nichée, ils ont effectué dès la fin de juillet une seconde ponte dans un entonnoir placé à l'angle le plus reculé de leur nouveau domaine. Les alevins sont au nombre de 200 environ et le comportement du mâle et de la femelle à leur égard est toujours semblable.

Les Poissons de la première ponte sont encore, au début de septembre, au nombre de 50 environ. On constate des différences de plus en plus grandes dans l'accroissement de ces alevins, placés cependant dans des conditions de milieu identiques; tandis que certains mesurent déjà 35^{mm}, d'autres n'ont seulement qu'une longueur de 10^{mm}. Au début d'octobre, la taille de ces alevins de 3 mois, réduits à une vingtaine, est comprise entre 12^{mm} à 45^{mm}. Actuellement, en novembre, par suite de l'abaissement de la

température, l'accroissement s'est ralenti et les sujets, toujours vivaces, n'ont progressé que de quelques millimètres.

Ces observations permettent de formuler les conclusions suivantes :

L'*Acara tetramerus* Heckel rentre dans la catégorie relativement nombreuse des Cichlidés nidificateurs. Le nid, assez grossier, est constitué par un trou en forme d'entonnoir ou de cuvette, creusé dans le sable ou le gravier du fond. Le nombre des œufs d'une ponte peut être compris entre 150 et 300.

L'éclosion demande quatre jours environ en période favorable.

Le père et la mère veillent avec sollicitude sur les alevins jusqu'à la résorption de la vésicule ombilicale, les prenant au besoin dans leur gueule pour les déplacer, mais ne les y gardant pas d'une façon permanente, comme le font les Cichlidés incubateurs, les Tilapies par exemple.

Les soins paraissent cesser dès que les jeunes ayant perdu leur vésicule s'élèvent au-dessus du fond et nagent librement au milieu de l'eau; alors les parents peuvent pratiquer le cannibalisme, si fréquent chez les Poissons carnassiers et qu'on observe aussi chez les Cyprinodontidés vivipares d'aquarium, ce qui oblige dès la mise bas de séparer la mère des petits, ou nécessite l'établissement de dispositifs spéciaux pour les protéger.

Chez l'*Acara tetramerus* Heckel, ainsi que je l'ai déjà signalé, en 1904, pour certains Cichlidés pratiquant l'incubation bucco-branchiale ⁽¹⁾, une seconde ponte peut avoir lieu à bref délai après la première.

Enfin l'accroissement des jeunes est remarquable par son inégalité, certains sujets beaucoup plus voraces pouvant arriver, au bout de trois mois, à mesurer environ le quadruple de leurs congénères.

ZOOLOGIE. — *L'origine du sac perlier et le mode de formation des perles fines.*

Note ⁽²⁾ de M. LOUIS BOUTAN, présentée par M. Joubin.

Quelle est l'origine du sac perlier que l'on trouve isolé dans les tissus des Mollusques producteurs de perles fines?

M. Mikimoto est parvenu, après de longues années de recherches au Japon, à produire des perles complètes de culture à l'aide de la *Meleagrina Martensi* Dunker. Ces perles offrent tous les caractères extérieurs des perles

⁽¹⁾ J. PELLEGRIN, *L'incubation buccale chez le Tilapia galilæa Artdi* (C. R. 6^e Congrès Zool. Berne) 1904, p. 330.

⁽²⁾ Séance du 7 novembre 1921.

fines naturelles du Japon ⁽¹⁾. Lyster Jameson ⁽²⁾ indique que les Japonais obtiennent ces perles complètes par une opération de greffe animale : ils constituent le sac perlier qui, en six ou sept ans, donne la perle complète de culture, en entourant un petit noyau de nacre à l'aide d'un lambeau d'épithélium palléal externe d'une Méléagrine sacrifiée. Ils introduisent ensuite le noyau ainsi enrobé dans les tissus sous-épithéliaux de la Méléagrine porte-greffe.

J'avais montré antérieurement ⁽³⁾ que le sac perlier se formait de la façon suivante, dans les Moules perlières :

Un parasite, placé entre le manteau et la coquille de la Moule, devient le noyau de la perle parce que l'épithélium palléal externe au contact du parasite forme un capuchon épithélial qui l'englobe. Le capuchon s'allonge sous forme de bourse. La bourse se pédiculaire. Le pédicule se rompt et la bourse isolée au milieu des tissus devient le sac perlier où se forme la perle ronde de la Moule.

D'autre part, j'avais montré par des expériences consignées dans une Note présentée à l'Académie ⁽⁴⁾, que des aiguilles de nacre introduites dans les tissus sous-épithéliaux d'un Mollusque (*Haliotis*) restaient sans changements dans les tissus, alors que placés entre le manteau et la coquille, elles se revêtaient d'une nouvelle couche de nacre.

Malgré ces faits clairement établis par mes recherches, on a continué à prétendre que le sac perlier, isolé au milieu des tissus des Huîtres perlières se constituait sur place, sans intervention de l'épithélium externe du manteau qui n'aurait été bon qu'à sécréter de la nacre.

Je tiens à faire remarquer que la réussite du procédé japonais apporte une preuve nouvelle de l'origine du sac perlier aux dépens de l'épithélium palléal externe.

A moins d'admettre que la nature procède, pour former ses perles naturelles, de la même façon que les Japonais, ce qui est une hypothèse inadmissible, on ne peut expliquer la présence d'un sac perlier au milieu des tissus du

⁽¹⁾ Dans un travail en cours de publication dans le *Bulletin de la Société scientifique d'Arcachon*, je montre que ces perles complètes de culture sont de véritables perles fines par l'origine et par la structure.

⁽²⁾ Lyster Jameson, *The Japanese artificially induced pearl* (*Nature*, mai et juin 1921).

⁽³⁾ Louis Boutan, *L'origine réelle des perles fines* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 1073).

⁽⁴⁾ Louis Boutan, *Production artificielle des perles chez les Haliotis* (*Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 828).

Mollusque que par la formation d'une invagination de l'épithélium du manteau aboutissant à un sac isolé, comme cela est démontré pour la Moule. Aucune autre interprétation ne me paraît possible.

Ainsi, il me paraît hors de doute que *chez tous les Mollusques producteurs de perles fines, la nacre et la perle fine ont une origine commune, l'épithélium externe du manteau*. Chaque fois que l'on trouve dans un Mollusque un objet ayant la composition qualitative de la nacre, on peut affirmer, quelle que soit sa position, qu'il a été sécrété par l'épithélium externe du manteau.

Les différences entre les perles fines et les nacres ne tiennent donc pas à leur différence d'origine. Elles sont dues, en partie, à la disposition des couches (circulaires dans la perle, planes dans la nacre) et surtout à une différence de l'état de l'épithélium : état normal dans le cas de la nacre, état pathologique dans le cas de la perle où le sac clos que représente le sac perlier est distendu par la réaction même de sa paroi.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Constitution de l'œuf de Sabellaria alveolata L.*

Note de M. E. FAURÉ-FREMIET, présentée par M. Henneguy.

L'œuf de *Sabellaria alveolata L.* se présente quelques minutes après la ponte ⁽¹⁾ comme une cellule sphérique mesurant 62^μ de diamètre, entouré à faible distance par un chorion mince et souple.

En dehors des éléments nucléaires, le cytoplasma de cet œuf est constitué par une substance fondamentale homogène, légèrement alcaline, contenant en suspension deux sortes de granules : les uns, légers et réfringents, de nature lipoïde ; les autres lourds et moins réfringents, légèrement acides, constitués par une « vitelline ».

La séparation mécanique de ces granules est possible si l'on centrifuge une émulsion d'œufs cytolysés par une solution hypotonique de KCl et finement broyés avec celle-ci.

L'étude cytologique montre : 1° que la substance fondamentale du cytoplasma contient en solution une faible quantité de glycogène ; 2° qu'elle se comporte à l'ultra-microscope comme un gel amicronique ; 3° qu'elle renferme à la fois des substances albuminoïdes et des substances lipoïdes en liaison intime les unes avec les autres.

(1) Au moment où cet œuf est expulsé dans l'eau, sa forme est irrégulièrement polyédrique et le chorion est encore étroitement accolé à sa surface.

La composition centésimale ⁽¹⁾ peut s'exprimer par les chiffres suivants :

Eau	70,00
Substances protéiques.....	19,08
Substances grasses et lipoides.....	6,80
Glycogène.....	1,27
Cendres.....	1,53
Total.....	98,68

Substances protéiques. — La quantité de substances protéiques de l'œuf de *Sabellaria* a été déterminée en multipliant par le coefficient 6,25 le chiffre de l'azote total; celui-ci varie très peu autour de 10,17 pour 100 de poids sec.

L'examen cytologique de l'œuf montre qu'une très forte proportion de ces substances protéiques doit exister à l'état de réserve sous la forme des globules de « vitelline ».

La séparation des globules de vitelline par centrifugation ne m'a pas permis leur étude quantitative. Au point de vue qualitatif, on constate qu'ils sont constitués par deux substances azotées bien distinctes : l'une légèrement acide, soluble dans l'eau faiblement alcalinisée, et précipitable par neutralisation ou acidification très légère; l'autre neutre, insoluble même en milieu fortement alcalin, et résistante à l'égard des acides. La première est probablement une nucléo ou para-nucléoprotéide, et contient 0,51 pour 100 de phosphore, tandis que la seconde n'en renferme que des traces. Ces globules se rapprochent donc étroitement par leur composition des « tablettes vitellines » de l'œuf de Grenouille ⁽²⁾.

Substances lipoides. — L'extrait lipoidique total obtenu après saponification des œufs de *Sabellaria* (méthode de Kumagawa) constitue 20,46 pour 100 du poids sec de ces œufs ⁽³⁾.

Cet extrait total se décompose ainsi :

Acides gras.....	16,49
Cholestérine.....	1,81
Insaponifiable X.....	2,16

L'épuisement à chaud par l'alcool d'une poudre d'œufs broyés avec du

⁽¹⁾ Malgré l'abondance des *Sabellaria*, la récolte des œufs comporte quelques difficultés techniques et je n'ai pu utiliser pour les recherches chimiques que 408,857 d'œufs (poids humide); presque tous les dosages, cependant, ont pu être répétés.

⁽²⁾ FAURÉ-FREMIET et DU VIVIER DE STREEL, *Composition chimique de l'œuf et du têtard de Rana temporaria* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 613).

⁽³⁾ Chiffre moyen de deux déterminations qui ont donné respectivement : Extrait total 20,586 et 20,336 pour 100; Acides gras 16,65 et 16,34 pour 100, etc., chiffres qui ne présentent entre eux qu'un très minime écart.

sulfate de soude anhydre donne un extrait huileux; cette huile, bien desséchée et reprise par l'éther anhydre, donne un extrait A soluble dans l'éther, et un abondant précipité B insoluble et renfermant, outre les matières extractives, un peu de SO^4Na^2 entraîné par l'alcool.

A. L'extrait éthéré, d'aspect huileux, constitue 14,5 pour 100 environ du poids sec total; il renferme 0,58 pour 100 de phosphore, chiffre qui, multiplié par le coefficient 25,75, indique environ 15 pour 100 de lécithine. Si, d'autre part, on précipite l'extrait éthéré par un grand excès d'acétone, on sépare une partie insoluble constituant 20 pour 100 environ de l'extrait; on peut donc admettre que celui-ci renferme 15 à 20 pour 100 de phosphatides, le reste étant probablement constitué par des graisses neutres.

B. Le précipité insoluble dans l'éther anhydre, desséché et repris par l'eau distillée, donne une solution opalescente qui se trouble par acidification et cède à l'éther une certaine quantité d'acides gras, non négligeable puisqu'elle constitue 4,1 pour 100 du poids sec total. Si l'on ajoute ce chiffre à celui de l'extrait éthéré, soit 14,5 pour 100, on obtient 18,6, chiffre qui se rapproche de celui des lipoides totaux extraits après saponification.

Les acides gras ainsi récupérés par acidification de l'extrait insoluble dans l'éther appartiennent sans doute à des savons entraînés à chaud par l'alcool; l'existence de ces savons (1) expliquerait aussitôt les propriétés du cytoplasma de l'œuf constitué par un gel alcalin renfermant à la fois des substances protéiques et des substances lipoides.

Les substances grasses de l'œuf de *Sabellaria* existeraient donc, en résumé, sous trois formes principales : graisses neutres, savons et phosphatides.

La chaleur de combustion de l'œuf du *Sabellaria* a été déterminée à la bombe calorimétrique; elle est égale à 5280 petites calories environ pour 1^g de substances sèches.

En additionnant les chaleurs de combustion des substances protéiques, des matières grasses et du glycogène calculées d'après la proportion centésimale de ces substances et leurs coefficients propres, on trouve un chiffre supérieur, soit 5800 petites calories; la chaleur calculée pour les substances

(1) On peut se demander si ces savons préexistent bien dans l'œuf et s'ils n'ont pas été formés au cours des opérations; cette dernière supposition est peu vraisemblable, les œufs ayant été desséchés très rapidement par broyage avec SO^4Na^2 anhydre et parfaitement neutre; d'autre part, le même traitement, appliqué à des tissus de Mammifères ou à des œufs de Grenouille, par exemple, a toujours donné un extrait éthéré sensiblement égal à celui obtenu après saponification totale.

protéiques est probablement trop forte dans ce cas, les réserves azotées de l'œuf de *Sabellaria* renfermant à côté des nucléoalbumines des substances azotées autres que des protéines proprement dites.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les réactions phototropiques de quelques animaux marins.* Note de M^{lle} M. GOLDSMITH, présentée par M. Henneguy.

La compréhension du phénomène des tropismes, resté énigmatique malgré les explications jusqu'ici proposées, serait plus facile si le terrain était déblayé d'abord par la solution de quelques questions particulières. Parmi ces questions, une des plus controversée est celle-ci : les mouvements tropiques d'un animal ont-ils pour effet de le placer, par rapport à l'excitant, de façon que l'excitation s'exerce avec une intensité égale sur les points symétriques de son corps (théorie de Lœb), ou bien l'amènent-ils seulement dans une région où il éprouve l'action de l'excitant plus ou moins fortement (selon que le tropisme est positif ou négatif)? Dans le cas du phototropisme, par exemple, l'animal se place-t-il dans la *direction* des rayons lumineux ou réagit-il aux différents *degrés* d'éclairement? Les réponses fournies par les expérimentateurs sont contradictoires.

Une des méthodes employées consiste à mettre en conflit les deux facteurs supposés actifs, c'est-à-dire à placer l'animal dans des conditions telles que, en se dirigeant vers la source de lumière suivant la direction de ses rayons, il arrive à se trouver dans une région d'éclairement moindre, et réciproquement. Lœb s'est servi de ce procédé dans le premier travail où il a formulé sa théorie (sur *Porthesia chrysorrhæa*, 1890) et depuis de nombreux auteurs y ont eu recours. Dans les expériences qui sont exposées ici, elle a été appliquée, avec de légères modifications à plusieurs espèces d'animaux marins à phototropisme positif très net, *Convoluta roscoffensis*, *Mysis chameleón*, Copépodes du plankton roscovite, surtout *Centropages hamatus* et *Acartia Clausi*, Nauplius de *Balanus*, Zoé de *Maia squinado*. Tous ces animaux offrent l'avantage de se présenter en masses : les observations sont ainsi plus concluantes, car les variations individuelles dans ces réactions sont fréquentes et les mouvements tropiques ne sont très souvent que des mouvements de majorités.

Dispositifs employés. — 1. Un tube de verre, de 50^{cm} de longueur et de 5^{cm} de diamètre environ, fermé à une extrémité, est recouvert sur une moitié de sa longueur d'un vernis noir, à l'exception d'une fente laissée à l'extrémité fermée (dispositif légèrement

modifié de Løeb); l'extrémité opposée est bouchée. Le tube est placé horizontalement, la fente tournée vers la fenêtre, en plein soleil. Placés dans ce tube, les animaux se rendent soit dans la partie noire, en se dirigeant vers la fente lumineuse, s'ils s'orientent le long des rayons lumineux, soit dans la partie laissée transparente, s'ils recherchent un éclaircissement plus intense. Voici les résultats observés.

Convoluta : Avant l'expérience, le tube ayant été placé sa partie transparente vers la lumière, les animaux s'y étaient massés; le tube retourné, ils commencent par esquisser un mouvement en sens inverse, mais arrivés à la région noire s'arrêtent, rebroussement chemin et s'accumulent à quelque distance. Même effet à la lumière diffuse.

— *Copépodes du plankton et Nauplius* : Même comportement, avec cette différence qu'à la lumière diffuse la localisation est uniforme dans toute la partie claire.

II. Un aquarium rectangulaire assez grand (36^{cm} de long sur 11^{cm} de largeur et 25^{cm} de hauteur) est entouré de papier noir sur une moitié, à l'exception d'une fenêtre (de 2^{cm} environ) à une extrémité; l'autre moitié est complètement entourée de papier blanc (pour diminuer les inégalités possibles d'éclaircissement dues aux objets environnants et mieux assurer la lumière diffuse). L'aquarium est placé comme le tube dans l'expérience précédente. L'alternative pour les animaux est la même.

Convoluta : Les *Convoluta* se massent toutes dans la région claire; elles y présentent une disposition particulière qui est à signaler parce qu'elle tient nettement aux intensités d'éclaircissement. Elles se localisent de préférence contre les parois; or, si l'on double une des parois latérales d'une seconde fenêtre de papier blanc, de façon à diminuer l'éclaircissement de ce côté, on les voit immédiatement refluer vers la paroi opposée. — *Mysis* : Même comportement, mais sans localisation aux parois. — *Zoé* : Même comportement. Ici, une légère modification est introduite dans l'expérience : l'aquarium est entièrement recouvert de papier noir, sauf la petite fenêtre dirigée vers la source lumineuse, et la paroi qui lui est opposée et qui est tapissée de papier blanc. Les *Zoé* se massent dans le voisinage de cette paroi, la plus éloignée de la source.

III. Le même aquarium est entièrement enveloppé de papier noir, avec, à ses deux extrémités, deux petites fenêtres; deux lampes électriques sont placées en face de ces fenêtres, avec des lentilles interposées : d'un côté une convergente (30^{cm} de foyer), de l'autre, une convergente (25^{cm} de foyer) en vue de fournir des rayons de directions différentes.

Les animaux placés dans l'aquarium ne se montrent pas influencés par la direction des rayons : les *Convoluta* se distribuent également, les *Copépodes* planktoniques s'accumulent dans la région moyenne.

IV. Dispositif inspiré de celui de Strasburger (1878), d'Oltmanns (1892) et de Davenport et Cannon (1897) : un aquarium non transparent, muni d'un couvercle présentant différents degrés de transparence, est placé de façon que sa région la plus opaque soit la plus rapprochée de la source lumineuse. Ici la gradation était obtenue au moyen d'un verre fumé régulièrement dégradé; la lumière était, soit la lumière solaire directe, soit la lumière électrique. Le vase était une boîte en verre, recouverte de vernis noir à l'exception du couvercle, de 7^{cm} de longueur sur 4^{cm} de largeur et 1^{cm},5 de hauteur; les autres conditions se rapprochaient de celles de l'expérience de Davenport et Cannon (distance entre le vase et la lampe électrique, 28^{cm}; hauteur de la lampe au-dessus de la table, 45^{cm}).

Les *Convoluta*, les *Mysis*, les *Zoé* de *Maia* se groupaient en très grande majorité

(il faut noter que l'éclairement était assez faible) dans la partie la plus transparente du vase, qui est en même temps la plus éloignée de la source. Pour les Copépodes planktoniques, il en est de même à la lumière solaire; à la lumière électrique, la région optima se trouve à mi-chemin entre les deux extrémités du vase.

Conclusion. — Les réactions à la lumière des animaux observés ne consistent pas en une orientation dans la direction des rayons lumineux aboutissant à une action symétrique de la lumière, mais en mouvements d'allures et de directions variées (zigzags, détours) qui les amènent dans la région la plus éclairée. Là, ils se placent dans toutes les positions possibles, sans aucune relation avec l'angle que peut former l'axe de leur corps avec la direction des rayons lumineux.

BIOLOGIE. — *La biologie du thon blanc ou germon.*

Note de M. **ED. LE DANOIS**, présentée par M. Joubin.

Dans une Note récente nous avons fourni quelques précisions sur le régime des eaux atlantiques au large des côtes de France en été. Une application directe de nos observations explique l'influence du régime de ces eaux sur la biologie du thon blanc.

En été, les thons qui sont pris au large de nos côtes sont vides de produits sexuels; par conséquent, la pêche du germon se fait pendant la migration de dispersion, ayant pour but la recherche de la nourriture.

Le germon vit en surface, mais, pour un nageur aussi robuste, les eaux superficielles comprennent en réalité une nappe de 50^m d'épaisseur.

Les conditions thermométriques des eaux atlantiques à cette profondeur fournissent l'explication principale de ses mouvements. Nous avons arbitrairement séparé en eaux chaudes et en eaux froides les nappes atlantiques par la température de 14°. Nous avons choisi cette limite parce qu'elle concorde avec l'absence ou la présence du germon.

Donc le germon fréquente en été, à l'ouest des côtes de France, les couches d'eau superficielles quand leur température, à 50^m de profondeur, est supérieure à 14°.

Quelle est la raison de la prédilection du thon pour ces eaux supérieures à 14°, à 50^m?

D'abord le germon est un animal des eaux chaudes, nettement sténotherme, mais de plus il vient, vers le nord, pour manger, et une cause importante de ses mouvements se trouve dans la nature des organismes nutritifs qui se trouvent à 50^m.

Les thons que nous pêchions avaient leurs estomacs littéralement bourrés de crustacés appartenant au genre *Euthemisto*, que les thonnières désignent du nom impropre de *crevettes rouges* ; à l'aide d'un filet spécial nous avons recueilli le plankton à 50^m de profondeur et avons trouvé ces crustacés en abondance, alors qu'ils manquaient en surface.

La température de l'eau à cette profondeur était supérieure à 14°.

A quelques milles de distance les thons disparaissaient. Le filet ne ramenait plus de crevettes et le thermomètre indiquait des températures inférieures à 14°. Donc nous pouvons, en corollaire de la première loi, énoncer une autre proposition qui en est, non pas une conséquence, mais une des causes :

Nous n'avons pas rencontré les crustacés connus sous le nom de crevettes rouges et appartenant au genre Euthemisto dans les eaux dont la température, à 50^m, est inférieure à 14° (1).

Toutefois cette deuxième remarque à elle seule ne suffit pas pour expliquer la première, car il y a des endroits où le thon absorbe d'autres proies que les crevettes rouges. Parmi ces proies, nous signalerons particulièrement de petits poissons tels que : de jeunes anchois (*Engraulis encrassicholus*), de jeunes chichards (*Trachurus trachurus*), de jeunes « balaous » (*Scombresox saurus*), de jeunes argentines (*Argentina* Sp.), et même de jeunes poissons des grands fonds à organes lumineux, appartenant au genre *Mictophum*. Dans beaucoup de cas, l'estomac des thons contient à la fois et des crevettes rouges et ces jeunes poissons.

Il résulte des faits ci-dessus que la zone de pêche du thon peut être limitée à l'extérieur de l'isotherme 14°, à 50^m, et comprend la partie centrale du golfe de Gascogne, et les nappes chaudes qui bordent les eaux froides du plateau, à savoir :

- 1° La nappe chaude à 15° par 50° N. au sud-ouest de l'Irlande;
- 2° La nappe chaude de la Petite Sole;

(1) Cette remarque est d'autant plus curieuse qu'elle va à l'encontre de ce que nous savons actuellement de la biologie de ce crustacé. Mon collègue, M. Fage, a bien voulu se charger de déterminer les crustacés que j'avais rapportés : ils appartiennent à l'espèce *Euthemisto bispinosa* Boeck. Or cette espèce est signalée comme arctique et fréquente le Groënland, le Spitzberg, les Hébrides, les côtes du Labrador et de Nouvelle Écosse.

Quelques exemplaires ont toutefois été signalés dans la mer des Sargasses : il est donc étrange que nous ayons trouvé continuellement cette espèce arctique dans les eaux à température relativement élevée.

3° La nappe chaude placée entre les eaux du banc Parsons et celles de la vasière;

4° Enfin la région chaude du fond du golfe au nord de la côte d'Espagne, à l'est du cap Pinàs.

Toutes ces régions sont connues des pêcheurs de thons par la pratique; les principes que nous venons d'exposer sont une confirmation raisonnée de leur expérience empirique.

Au point de vue de la nourriture, la zone des crevettes rouges comprend les nappes chaudes, depuis l'Irlande jusqu'au seuil formé par les eaux froides du banc Parsons et de la côte nord d'Espagne.

Les thons pris à l'est du cap Ortegal s'étaient nourris de jeunes anchois dans les eaux chaudes du fond du golfe.

En conclusion, nous considérons que les principes que nous avons énoncés ci-dessus régissent la biologie du thon et de sa nourriture principale. Nous considérons que, seules, des variations dans la position des nappes chaudes à 50^m peuvent modifier les migrations du germon; et enfin, nous ne croyons pas que les mouvements du thon dans toute cette zone chaude représente un itinéraire déterminé; ces poissons étendent leurs pérégrinations suivant l'abondance de leur nourriture préférée et reviennent sans doute graduellement vers le Sud en surface, quand l'approche de l'hiver modifie les conditions thermométriques des eaux superficielles. Il semble peu probable que, pour son retour dans les eaux chaudes sub-tropicales, le thon emprunte les eaux de profondeur d'une température inférieure à 12° qu'il a soigneusement évitées pendant toute sa migration de dispersion.

MÉDECINE. — *Transmission du clou de Biskra par le phlébotome* (Phlebotomus papatasi Scop.). Note de MM. **ED.** et **ÉT. SERGENT**, **L. PARROT**, **A. DONATIEN** et **M. BÉGUET**, présentée par M. Roux.

Guidés par des observations épidémiologiques, nous avons émis en 1904 (1) l'hypothèse que le clou de Biskra (bouton d'Orient) était transmis

(1) **ED.** et **ÉT. SERGENT**, *C. R. Soc. Biol.*, t. 57, 8 avril 1905, p. 673. — **ED. SERGENT**, *Bulletin de l'Institut Pasteur*, t. 3, 1905, p. 626. — **ED.** et **ÉT. SERGENT**, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 2, 21 juillet 1909, p. 390. — **ED. SERGENT**, *Détermination des Insectes piqueurs et suceurs de sang*, p. 37 (O. Doin, 1919). — **ED.** et **ÉT. SERGENT**, **G. LEMAIRE**, **G. SENEVET**, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 7, 8 juillet 1914, p. 577-579. — **ED. SERGENT**, **ÉT. SERGENT**, **G. LEMAIRE** et **G. SENEVET**, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 29, juillet 1915, p. 309-322. — **L. PARROT**, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 12, 12 novembre 1919, p. 607-611.

par des phlébotomes. Wenyon en 1911⁽¹⁾ et Patton en 1919⁽²⁾ admettent, au moins *pro parte*, cette hypothèse; ils incriminent en même temps d'autres insectes. Mais la preuve expérimentale manquait jusqu'ici.

C'est pour cette raison que, durant l'été 1921, nous avons institué l'expérience suivante : l'un de nous capture des phlébotomes à Biskra, foyer de leishmaniose cutanée. Il les envoie vivants à Alger, ville indemne à 600^{km} de distance. Avec ces phlébotomes on essaie de conférer le clou de Biskra à des sujets sains. On y a réussi : sur un point de la peau inoculé est apparu, après une incubation de 3 mois environ, un clou de Biskra typique, avec des *Leishmania tropica*.

Nous sommes partis de ce principe : le phlébotome étant en quantité innombrable dans les pays à bouton d'Orient, une très faible proportion parmi eux doit être infectante. Il faut donc expérimenter sur un grand nombre.

Du 15 juillet au 18 septembre 1921, 2771 phlébotomes sont capturés à Biskra, à El-Outaya, à El-Kantara, régions où le clou est endémique. Quelques centaines sont réservées pour des recherches microscopiques et des inoculations aux animaux (singe et souris). On en expédie 2346 à Alger :

<i>Phl. papatasi</i>	2282
» <i>pernicius</i>	8
» <i>minutus</i> var. <i>africanus</i>	56

Sur les 2346 phlébotomes envoyés à Alger, 1787 sont morts pendant le transport, qui dure 3 ou 4 jours. Les 559 survivants, répartis en 23 lots, ont servi à des expériences. Ils se refusent à piquer. Ils sont tués par simple pression du doigt, écrasés dans un peu d'eau physiologique et déposés sur des scarifications pratiquées sur l'avant-bras gauche de quatre sujets indemnes.

Dans l'expérience D., le produit de broyage du lot D₁, comprenant 7 *Phl. papatasi*, seuls survivants de 94 phlébotomes capturés les 16-17 août 1921 à l'hôpital militaire de Biskra, est inoculé au volontaire D. par scarifications cutanées, au tiers supérieur de l'avant-bras gauche (bord antéro-externe), à 3^{cm} au-dessous du pli de flexion du coude, le 20 août, soit 3-4 jours après la capture. Le liquide de broyage, examiné au microscope, ne montre ni flagellés ni aucune autre forme parasitaire.

Les scarifications se cicatrisent sans laisser aucune trace.

(¹) G.-M. WENYON, *Parasitology*, t. 4, 24 octobre 1911, p. 273; *Journ. of London Sch. of trop. Med.*, t. 1, Parties 2 et 3.

(²) W.-S. PATTON, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 12, 8 octobre 1919, p. 500-504.

Le 13 novembre 1921, 2 mois et 24 jours ⁽¹⁾ après l'inoculation, D. constate, au point scarifié, la présence d'une papule centrée d'une petite croûte. L'examen microscopique du produit de grattage de l'ulcération sous-jacente à la croûte, pratiqué le 14 novembre au matin, y décèle des *Leishmania* nombreuses, soit libres, soit englobées par des macrophages. Leur longueur varie de 3^µ à 4^µ,5 et leur largeur de 2^µ à 3^µ. On observe quelques formes de division.

L'aspect clinique de la lésion est le suivant le 14 novembre : papule rougeâtre, ronde, de 4^{mm} de diamètre, entourée d'une collerette épidermique rappelant la collerette de Bielt des papules syphilitiques. Au centre, fine croûte adhérente, de 2^{mm} de diamètre. Au-dessous de la croûte, ulcération punctiforme. En dehors de la papule, zone d'hyperhémie de 1^{cm} de diamètre. Légère infiltration du derme sous-jacent. Le bouton n'est ni douloureux ni prurigineux. On ne constate pas de réaction ganglionnaire épitrochléenne ou axillaire. Aucun trouble de l'état général.

Les *Leishmania* inoculées dans cette expérience viennent donc du phlébotome. Sont-elles un hôte normal de son intestin, ou bien les a-t-il puisées dans un réservoir de virus extérieur? Par quel processus les transmet-il à l'homme dans la maladie spontanée? Telles sont les questions qui restent ouvertes.

En résumé, des phlébotomes, de l'espèce *P. papatasi*, originaires de contrées où le bouton d'Orient sévit à l'état endémique, ont un virus qui donne à l'homme une leishmaniose cutanée semblable, du point de vue clinique et parasitologique, au bouton d'Orient.

Il faut donc considérer le phlébotome comme un vecteur naturel du virus du bouton d'Orient.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

(1) Cette durée de l'incubation correspond à ce que l'on sait de l'incubation du clou de Biskra spontané.